DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

DANMARKS TEKNISKE VIDENCENTER & BIBLIOTEK

KUN
til brug på
LÆSESAL

St.F. TB
Det Physiske Cabinet
1838
53.084
physiske

Sysnr: 254913

300011853282

DTV

A. L. Cal. 1276.

HAUCHS

PHYSISKE CABINET.

FÖRSTE HEFTE.

POLYTEKNISK LÆREANSTALT
Fysisk Samlings Bibliotheek

DET
PHYSISKE CABINET

ELLER

BESKRIVELSE OVER DE TIL EXPERIMENTAL-PHYSIKEN HENHÖRENDE VIGTIGSTE INSTRUMENTER

TILLIGEMED BRUGEN DERAF.

UDGIVET

AF

A. W. HAUCH,

Overkammerherre, Overhofmarskal, Overstaldmester, de Kongelige Ordeners Vicecantsler, Ridder af Elephanten, Storkors af Dannebrog, Dannebrogsmand, Dr. Philosophiæ, Chef for det store Kongelige Bibliothek, det Kongelige Mynt- og Medaille-Cabinet, det Kongelige Kapel, den Kongelige Malleriesamling, det Kongelige Museum for Naturvidenskaberne og den Kongelige Kobberstiksamling, første Medlem af Commissionen angaaende de i Danmark værende Oldsagers Bevaring og Anvendelse, Præsident for det Kongelige danske Videnskabernes Selskab i Kjöbenhavn og for det Kongelige Selskab til Veterinairkyndighedens Fremme, Æresmedlem af det Kongelige Academie for de skjönne Kunster, af det Kongelige medicinske Selskab, af det Kongelige nordiske Oldskriftsselskab, af det Skandinaviske Litteratur-Selskab, af Samfundet til den danske Litteraturs Fremme og af Selskabet til Naturlærens Udbredelse i Kjöbenhavn, Medlem af Videnskabernes Selskab i Stockholm, af det norske Videnskabernes Selskab i Trondhjem, af det Kurfyrstelige Mainziske Academie, af det Keiserlige Pharmaceutiske Selskab i St. Petersborg, af det naturforskende Selskab i Berlin, af det mathematiske physiske Selskab i Erfurt. af det italienske Academie for de skjönne Kunster i Livorno og af Academiet i Alessandria.

FÖRSTE DEEL.

FÖRSTE HEFTE,

MED 25 KOBBERE.

POLYTEKNISK
Fysisk Samling
LÆREANSTALT.

KJÖBENHAVN.

PAA DEN *GYLDENDALSKE BOGHANDLINGS* FORLAG.

TRYKT HOS *BIANCO LUNO & SCHNEIDER.*

1836.

KØBENHAVNS
KUNSTINDUSTRIMUSEUMS
BIBLIOTEK

DERES MAJESTÆT

KONG

FREDERIK DEN SJETTE.

ALLERNAADIGSTE KONGE!

Som Danmarks Kronprinds havde DERES MAJESTÆT *den Naade i 1794 at modtage Tilegnelsen af mine Begyndelsesgrunde til Natur-Læren.*

To og Fyrretyve Aar ere siden henrundne.

Erindringen om den Tilladelse mig den Gang gaves til at pryde mit Værk med DERES MAJESTÆTS *höie Navn, var altid levende hos mig, og bliver det endmere, i det jeg, efter den mig allernaadigst givne Tilladelse, nu vover at tilegne* DERES MAJESTÆT *dette Værk, jeg herved overleverer som et Supplement til mit foromtalte Arbeide.*

Det kan ved intet hædres saameget, som derved, at DERES MAJESTÆT, *hvem Fædrenelandet og Udlandet med Rette nævner, som Videnskabernes meest ophöiede og huldrige Beskytter, har skjænket det allernaadigst Opmærksomhed.*

I dyb Erkjendelse af denne DERES MAJESTÆTS *Naade, föler jeg mig lykkelig ved, at Leiligheden gives mig, til at tolke* DERES MAJESTÆT *den uskrömtede Taknemmelighed, hvoraf Oldingen, med den fyrigste Ungdoms-Varme, besjæles, for alt det Gode, som* DERES MAJESTÆTS *vise og landsfaderlige Regjering har udbredt over det elskte Födeland, hvoriblandt fortrinligen kan*

udhæves alt det, som i den lange Række af Aar, i hvilken Rigets Bestyrelse har hvilet i Deres Haand, ved Dem, ALLERNAADIGSTE KONGE! *er virket til Oplysningens Fremme, til Udbredelsen af Videnskaberne i Almindelighed, og derfor ogsaa til den Videnskab, som dette Værk berörer, og som ved sin udstrakte Indflydelse virker paa hele Samfundet.*

Ligesom de mange uskatteerlige Beviser, som DERES MAJESTÆT *har skjænket mig paa allernaadigst Tilfredshed med min Embedsförelse, ene kan give mig Mod til i min Alder af mere end 80 Aar, endnu at stræbe til Opnaaelsen af samme skjönne Maal, ved Anvendelsen af mine svage Evner til* DERES MAJESTÆTS *og Statens Tjeneste, saaledes seer jeg deri mit Livs höieste Lykke.*

Mindet om Alt hvad jeg skylder DERES MAJESTÆTS *utallige Velgjerninger imod mig, vil aldrig kunne glemmes, og ikke udslukkes, förend med det sidste Aandedræt af et Liv, der stedse, med den störste Troskab og meest ubegrændsede Hengivenhed, vil og skal være* DERES MAJESTÆT *aldeles opoffret.*

Allerunderdanigst

Hauch.

SUBSCRIBENTER

Hans Majestæt Kongen. **20 Exempl.**
Hendes Majestæt Dronningen. **2 Exempl.**
Hans Kongelige Höihed Prinds *Christian Frederik.* 2 Exempl.
Hans Kongelige Höihed Prinds *Frederik Ferdinand.*
Hendes Kongelige Höihed Prindsesse *Caroline.*
Hendes Kongelige Höihed Prindsesse *Wilhelmine Marie.*

Hr. *v. Abrahamson*, Generalkrigskommissair og Oberstlieutenant.
— *v. Bardenfleth*, Kammerherre og Oberst.
— *Bugge*, Conferentsraad.
Calmarska flöjde Skolan.
Hr. *v. Deichmann*, Lieutenant.
Directionen for Universitetet og de lærde Skoler. 5 Exempl.
Hr. Dr. *Estrup*, Etatsraad.
— *v. Ewald*, Oberstlieutenant.
De forenede Frimurer-Logers Bibliothek.
Hr. *Glückstad* i Frederikshald. 2 Exempl.
— *P. Gynther*, Kammersecretair.
— *v. Gössel*, Kammerherre og Oberst.
Hs. Excell. Hr. *F. v. Hauch*, Geheime-Conferentsraad.
Hr. Greve *v. Haxthausen*, Hofmarschal.
— *Helper, C.*, Veterinair.
— *Hempel* i Odense. 4 Exempl.
— *v. Holstein Rathlau*, Major.
Hs. Excell. Hr. Baron *v. Holstein*, Admiral.
Den kongelige militaire Höiskole.
Hr. *Kjerulff*, Overpræsident og Politi-Chef.
Hs. Excell. Hr. *v. Krabbe - Carisius*, Geheime - Statsminister.
Landcadetcorpsets Bibliothek.
Hr. Baron *v. Langenau*, keiserlig österrigsk Chargé d'affaires.
— *v. Lowzow*, Directeur i det Kongl. General-Toldkammer.
Hs. Excell. Hr. Greve *A. W. v. Moltke*, til Bregentved. 2 Exempl.
Hs. Excell. Hr. Greve *O. v. Moltke*, Geheime-Statsminister. 3 Exempl.
Hs. Excell. Hr. *v. Mösting*, Geheime-Statsminister.
Hr. *Nissen*, Conferentsraad.

Hr. *Oppermann*, Student.
— *Palmsted*, Professor.
Hs. Excell. Hr. Greve *v. Rantzau-Breitenburg*, Geheime-Statsminister. 2 Exempl.
Hr. *Schönberg*, kongelig Hof-Inspecteur.
— *Schönheider*, Directeur for det kongelige Rentekammer.
Selskabet til Naturlærens Udbredelse. 5 Exempl.
Soröe Academie.
Hs. Excell. Hr. *v. Stemann*, Geheime-Statsminister.
Hr. *v. Styrup*, Capitain.
— *v. Uldall*, General-Adjutant og Commandeur.
Vallöe Stifts Bibliothek.
Videnskabernes Selskab. 10 Exempl.

De ærede Subscribenteres Navne, som ikke ere blevne Forlæggeren opgivne, og derfor ikke findes her, ville blive meddeelte i næste Hefte.

FORERINDRING.

Efter i flere Aar at have været hindret, deels ved talrige Forretninger, deels ved sammenstödende Omstændigheder, fra at udföre mit længe nærede Forsæt at udgive en fuldstændig og samlet Beskrivelse over alle de vigtigste Redskaber, henhörende til Experimental-Physiken, har jeg endeligen bestemt mig til at udgive en saadan Beskrivelse hefteviis, i det Haab, at denne Bestemmelse ikke vil formindske den tilsigtede Nytte; jeg tör saameget mere smigre mig dermed, da ethvert Hefte vil komme til at omhandle de Instrumenter, som henhöre til særskildte enkelte Dele af Naturlæren, saaledes, at hvert for sig vil kunne ansees som et Heelt, og jeg desuden haaber, at de fölgende Hefter skulle i nogenledes korte Tidsrum fölge dette förste, der omhandler Legemernes almindelige Egenskaber, Statiken, Mekaniken, Hydrostatiken og Hydrauliken, da de fleste Kobberplader som henhöre til Værket ere stukne, og jeg til Beskrivelsen derover er sindet at tage de Bestemmelser, der hastigst före til Maalet.

Ikke har min Hensigt, ved at udgive Beskrivelsen over de Redskaber, som skulle tjene til at sandseliggjöre Naturlærens Love og Lærdomme, været, at afhandle alle de ældre og nyere Instrumenter, som dertil ere opfundne, ligesaalidt som blot at meddele de dertil allernödvendigste Redskaber, den har meget mere været, at beskrive dem, som findes

i den af mig i en lang Række af Aar, anskaffede Samling af physiske Instrumenter, som nu findes ved Academiet i Soröe, og som ikke er indskrænket til enkelte Dele af Naturlæren, men udstrækker sig til hele Videnskaben og til alle de Grene, som for Tiden indbefattes derunder, da jeg har önsket, at ingen af dem, med Undtagelse af de egentlige mathematiske og astronomiske Videnskaber, skulle savne noget vigtigt Redskab, for at det Hele derved kunne naae en Fuldstændighed som savnes ved andre physiske Cabinetter, eller i det mindste ved de bekjendte Beskrivelser over samme.

Tegningerne af Instrumenterne og Beskrivelserne derover har jeg sögt at indrette saaledes, at den physiske Instrumentmager kan efter dem forfærdige Instrumentet; derfor ere de enkelte Dele af samme, hvor det behöves, tegnede særskildt, deels i Plan, deels i Gjennemsnit, og uagtet Tegningerne over det samlede Instrument fremstille det i et af denne Slags Tegning særegent Perspectiv, er herved dog taget Hensyn til at Maalestokken lader sig anbringe paa en af Linierne, der er stillet lige for Öiet; enhver Tegning er derfor gjort efter een af de tre paa förste Plade under Litr. A, B og C, stukne Maalestokke, eller hvor Instrumentets Dele ere meget smaae, da efter A dobbelt, B dobbelt, C dobbelt, eller i naturlig Störrelse; dette tilkjendegives ved hver Figur især, ved en Qvadrat, hvori er sat Bogstavet af den til samme hörende Maalestok, saasom: [A] [B] [C] [A2] [B2] [½A] [½B].

Naar Tegningen er af samme Störrelse som Instrumentet selv, da findes den betegnet med [N] eller efter Omstændighederne med [N2] [½N] o. s. v.

Denne Beskrivelse over physiske Instrumenter skal tjene, som et Sidestykke og et Supplement til mine Begyndelsesgrunde i Naturlæren; den maa derfor följe samme Plan og Orden, som denne; ikke destomindre, for at den ogsaa kan læses som et Værk for sig selv, har jeg kortelig foran Instrumentets Beskrivelse, anfört de Sætninger, som derved skal bevises og som staae dermed i uadskillelig Forbindelse; som naturligt ville de mange nye Opdagelser, hvormed Naturlæren er bleven beriget siden Udgaven af min Naturlære, ikke

forbigaaes, og de derpaa grundede og dertil sigtende Redskaber, i det mindste de vigtigste og fuldkommen stadfæstede blandt disse, ville blive optagne og henbragte paa de Steder i dette Værk hvor de henhöre, saa at heri vil findes en Beskrivelse saavel af de vigtigste ældre, som af de nyeste indtil vore Dage bekjendte Redskaber, som henhöre til Experimental-Physiken.

Saaledes smigrer jeg mig med, at dette Værk ikke alene kan blive Naturforskeren velkommen, fordi han her vil finde paa et Sted samlet de Tegninger og Beskrivelser over physiske Instrumenter, som han ellers möisommeligen maa opsöge i flere vidtlöftige Værker, samt Underretning om deres Behandling og Anvendelse til physiske Forsög; men at det og kan tjene til Selvunderviisning og til at undervise andre, i de Tilfælde, hvor ingen physiske Instrumenter kunne erholdes eller forevises; den physiske Instrumentmager vil neppe noget andet Sted lettere og fuldstændigere kunne finde de Oplysninger som han behöver til Forfærdigelsen af physiske Instrumenter.

Det Ubehagelige, som Omböiningen af Robbere, efter mine Tanker, stedse frembyder for Læseren, har formaaet mig til at indrette Fremstillelsen af alle Instrumenter, saaledes at ingen af Robberpladerne behöver at omböies; heraf bliver det rigtignok en Følge, at Texten maatte gives samme Format, og at Bogen derved maaskee forekommer mangen een mere uhandelig, end det kunne önskes; men da Robberpladernes Udseende herved vinder baade i Ziirlighed og Tydelighed, saa har jeg troet at denne Fordeel rigeligen erstatter hiin Uleilighed.

Uagtet de mange Beskrivelser, som haves over ældre og nyere physiske Instrumenter, giver dog ingen af disse Værker en fuldstændig Oversigt af de til vore Dage bekjendte vigtigste Instrumenter, henhörende til Experimental-Physiken, da de ældre ikke give og ikke kunne give Beskrivelse over Instrumenter, som til den Tid ikke endnu vare udtænkte, og intet nyere Værk er mig bekjendt, som, med Hensyn til physiske Redskaber, omfatter hele Naturlæren og alle dens Dele.

Dersom denne min Beskrivelse over de physiske Apparater, i Følge min Hensigt, nogenledes afhjelper dette Savn, da tör jeg smigre mig med, at den ikke vil blive uvelkommen, saameget mere, da deri vil findes flere Instrumenter, som intetsteds hidindtil ere beskrevne, hvilket allerede er Tilfældet i dette förste Hefte af Værket.

FORFATTEREN.

FÖRSTE AFDELING.

Beskrivelse af de Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes almindelige Egenskaber.

§ 1.

Formaalet for den experimentale Physik eller Naturlære er ved Erfaring at gjöre os bekjendt med Legemernes Egenskaber og Kræfter. Under Legemernes Egenskaber forstaae vi det, som gjör os Legemet sandseligt, og som opvækker Begreb hos os om dets Tilværelse; saaledes henhörer Diamantens Haardhed, Sneens hvide Farve, Blomsternes forskjellige Uddunstninger, Sukkerets Södme, o. s. v. til disse forskjellige Legemers Egenskaber. Under Kræfter forstaae vi derimod Bestræbelse til at frembringe Forandring. Uagtet vi ikke kjende Kræfternes indvortes Natur, eller ere istand til at fremstille disse for sig, og paa nogen Maade at gjöre dem sandselige, uden ved deres Virkninger, eller ved det, vi kalde Phænomener, saaledes som ved Tyngdekraften, Centralkræfterne, Menneskenes og Dyrenes Kræfter, ved Vand, Ild, Fjedre, Vægte, o. s. v. er man ikke destomindre blevet enig om at betjene sig af Ordet Kraft, og derved at betegne saavel Aarsagen som Virkningen, uagtet at Aarsagen til al Kraft, ligesaavel som Kraftens Natur, er og vil blive en uopdagelig Hemmelighed for den menneskelige Aand. Vi maae nöies med Virkningerne og med Kundskab om Phænomenerne, hvilke, som afhængige af Legemernes forskjellige Egenskaber, gjöre os Kundskaben om disse saameget vigtigere og nödvendigere.

Ved at overveie Legemernes forskjellige Egenskaber, findes nogle ikkun at tilhöre visse Legemer, andre derimod at være fælles for alle; disse sidste kaldes derfor *almindelige Egenskaber*, og ere ente *mechaniske*, som 1) Udstrækning og Figur, 2) Uigjennemtrængelighed, 3) Porositet, 4) Deelbarhed, 5) Sammenhæng (Cohæsion), 6) Revægelighed, 7) Tyngde; eller *dynamiske*, som Evnen at opvarmes, at blive electrisk o. fl., som alle Legemer synes at have tilfælles, og som först i det Följende omhandles

§ 2.

Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes Udstrækning og Figur.

Vi ere ikke istand til at gjöre os noget sandseligt Begreb om Rum, uden tillige at tillægge det Grændser, eller Udstrækning efter Længde, Brede og Dybde, og at forestille os Noget, som opfylder

disse Grændser. Det som saaledes opfylder Rummet kalde vi *Materie*, og den begrændsede Materie kalde vi et *Legeme*.

Ethvert Legeme opfylder eller indtager altsaa et vist Rum, eller med andre Ord, ethvert Legeme, i hvor lidet det end er, har en bestemt indskrænket Udstrækning eller Figur.

At dette forholder sig saaledes med alle Legemer, og at de adskille sig fra hverandre ved deres Figur og Skikkelse, skjöndt de ellers kunne være lige i Henseende til Störrelse, Vægt og indre Beskaffenhed, derom overbeviser den daglige Erfaring og vore Sandser os, forsaavidt som disse ere tilstrækkelige og skarpe nok dertil. Saaledes kjende vi Mennesker, Dyr og alle Gjenstande, som omgive os, fra hverandre blot ved deres ydre Skikkelse og Figur; saaledes adskiller en Blykugle sig ved sin Figur fra en ligesaa vægtig Blyterning o. s. v.

At meget smaae, og for det blotte Öie usynlige Legemer ikke destomindre have en bestemt Figur, derom overbevise vi os ved Hjælp af Microscopet, hvis nöiere Beskrivelse og Brug vil findes længere hen.

Man komme paa en smal og reen, klar Glasplade noget af det Stöv, som sidder paa Stövknopperne af en Blomst, f. Ex. en Tulipan; man bringe Glaspladen under Microscopet, lade det rigtige og fornödne Lys falde derpaa, og man vil med Forundring overbevise sig om den bestemte Figur, som ethvert Stövgran viser.

Det samme vil erfares, naar, istedetfor Stövet af Blomster, tages noget Stöv af Vingen af en Sommerfugl; det ubetydelige og for det blotte Öie usynlige Stöv fremstiller nu behagelige Former og bestemte Figurer af ethvert mindste Stövgran.

Nogle Gran af forskjellige Salte, f. Ex. Kjökkensalt og Salpeter, oplöses i reent, destilleret Vand, hvert Slags i sit særskilte Glas eller Kar. Man bringe dernæst med Spidsen af en Pen en Draabe af enhver af disse Saltoplösninger paa en eller flere rene Glasplader; efter faa Minuter vil Vandet være bortdunstet, og Saltoplösningen efterlader sig nu en liden, næsten ukjendelig Plet paa Glaspladen. Naar denne bringes under Microscopet, vil man bemærke ethvert Salts særskilte, bestemte Form og Figur, eller med andre Ord, ethvert Salts særskilte og det egne Krystallisation. Saaledes vil Kjökkensaltet vise sig i terningdannede, eller firesidige hule pyramidalske Krystaller; Salpetret derimod i sexsidige prismatiske eller pyramidalske Krystaller o. s. v.

Uagtet Saltenes og forskjellige andre Legemers Krystallisation, saavelsom Maaden, hvorpaa den fremkommer, tilligemed de bestemte Former herved, og de geometriske Love, efter hvilke de dannes, ere Gjenstande, som dette Værks Natur ikke tillader at afhandle, men som fortjene Naturgrandskerens fulde Opmærksomhed, og hvorover Oplysning findes i flere Lærdes Skrifter, anföres her ikkedestomindre nogle Instrumenter, bestemte til at maale Legemernes Vinkler og Tykkelse.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Til at maale Legemernes Vinkler tjener *Haand-Gonyometret*, opfundet af *Carangeau*.

Plade I. Fig. 1. EFG (Pl. 1, Fig. 1) er en i 180 Grader inddeelt Halvcirkel, KC og GC ere to Radier af Staal, der ved K og G ere fastskruede til Halvcirkelen, og som tjene til at bestemme Centret, i hvilket Skruen C befinder sig. Af denne Skrue, tilligemed Skruen D, der befinder sig i den 180de Grads Afdeling, fastholdes Messinglinealen AB, der ved Hjælp af Aabningerne aa og bb, naar Skruerne C og D lösnes lidet, lader sig skyde frem og tilbage i Retningen AB. Omkring Skruen C dreier sig ligeledes Linealen HI, der formedelst Aabningen cc ogsaa lader sig skyde frem og tilbage i Retningen af sin Længde. Kanten LI af denne Lineal er noget tilskjærpet, for at man tydeligere kan see de Grader, som den afskjærer af Halvcirkelen. —

For ved Hjælp af dette Instrument at maale den Vinkel, som to af en Krystals Flader danne med hinanden, da bringes den ene af Krystallens Flader i Beröring med Kanten AM af Linealen AB, og den anden Flade med Kanten HM af Linealen HI, saaledes, at disse Linealers Planer staae lodrette paa Krystalfladerne, og at der intet Lys kan trænge imellem Linealernes Kanter og Krystallens Flader, naar man holder Instrumentet op for Dagen. Naar der saaledes er sörget for, at Beröringen er fuldkommen, og den Vinkel, der skal maales, altsaa befinder sig indesluttet imellem AM og HM, da aflæses kun hvormange Grader af Halvcirkelen Kanten LI af den bevægelige Lineal afskjærer, hvilket Antal Grader da udgjör Supplementvinkelen til den sögte Vinkel AMH, og altsaa kun beköver at subtraheres fra 180° for at angive den sögte Vinkels Störrelse. Forestiller man sig nemlig til Exempel, at den bevægelige Lineal HI, efter at den, tilligemed Linealen AB paa ovenanförte Maade var bragt i Beröring med en Krystals Flader, havde indtaget den Stilling, som Figuren viser, da afskar den af Halvcirkelen 116° 30′, hvilke subtraheret fra 180° give 63° 30′, som da er den sögte Vinkels Störrelse. Dersom Krystallens Flader ikke ere fuldkommen jevne i saa lang en Strækning som AM og HM, da kunne disse, ved at skyde Linealerne i Retningen AB og HI, forkortes saalænge, indtil de stedfindende Ujevnheder ikke længere lægge nogen Hindring i Veien for fuldkommen at bringe Krystalfladerne og Linealerne i Beröring med hinanden. Plade I. Fig. 1.

ANDET INSTRUMENT.

Da man ved Hjælp af Haandgonyometret, selv efter at have erhvervet sig temmelig megen Færdighed i Brugen deraf, ikke kan maale Vinklerne med större Nöiagtighed end en Fjerdedeel Grad, saa opfandt *Wollaston* til finere Vinkelmaalinger et andet Instrument, der grunder sig paa Lysets Tilbagekastning fra blanke Overflader. Dette Instrument forestilles Pl. I, Fig. 2, og bestaaer af en i to Gange 180 Grader inddeelt Messingskive AB, der er fastgjort paa den ene Ende af en huul Axe, paa hvis anden Ende befinder sig en mindre Skive C, der tjener til at omdreie Axen med den inddeelte Skive. Denne Axe er nemlig midt imellem Skiverne AB og C indfattet i et Fodstykke NOR, der har Födderne N og O indfældede i en rund Træskive, hvorpaa Instrumentet staaer. Igjennem denne hule Axe gaaer en Stift FF, paa hvis ene Ende sidder en Skive D, der tjener til at dreie Stiften rundt, uden at den hule Axe följer med. Dette befordres ydermere ved en Fjeder M, der paa to Steder, nemlig ved begge Nulpunkterne, forhindrer den inddeelte Skives Omdreining, ved to paa disse Steder af Skiven AB paaskruede Stykker, hvorimod Fjedren stöder an. Paa den anden Ende af Stiften FF er befæstet en Bue GF af Messing, som ved G attter med en Nagle er forbunden med en lignende Bue HG saaledes at den er bevægelig omkring Naglen. Ved H en befæstet et Rör I, hvorigjennem Stiften KL gaaer, saaledes, at den baade kan dreies og skydes frem og tilbage i Röret I. E er en Nonius, der er fastgjort paa Fodstykket NOR, og tjener til nöie at aflæse, hvor stor en Omdreining Skiven AB under Maalningen har været underkastet. Fig. 2.

Den Krystal, hvis Vinkel man vil maale, befæstes med Vox paa Enden L af Stiften KL, saaledes, at de to Flader, der danne den Vinkel, der skal maales, nogenlunde blive perpendiculaire paa Planen af Skiven AB, og at den forlængede Axe FF omtrent falder lige langt indenfor begge Fladerne, altsaa et Sted i den Plan, der halverer den Vinkel, man vil maale. Man dreier nu, ved Hjælp af Skiven D, Krystallen i en saadan Stilling, at det tilbagekastede Billede af en Linie P, der speiler sig i den ene Krystalflade, kommer til at dække en anden ligefrem seet Linie Q, der er parallel med Linien P. Man vælger i Almindelighed til den överste Linie P en Tværsprosse i et Vindue, og til

Plade I. til den anden Q en neden under Vinduet paa Væggen dermed trukken Parallellinie. Instrumentet er da opstillet i 4 til 6 Fods Afstand derfra, saaledes, at Axen FF er paralel med de to omtalte Linier.

Fig. 2. Idet man nu bringer Öiet tæt til Krystallen for at observere, om den tilbagekastede Linie dækker den ligefrem sete, saa vil man i Almindelighed finde, at dette ikke finder Sted, fordi Fladen, der speiler Linien P, ikke er nöiagtig paralel med Axen FF, men at de to Linier, ved Omdreiningen af Skiven D, komme til at skjære hinanden. Man bringer dem nu til nöiagtigen at dække hinanden, ved enten at dreie Buen HG omkring G, eller ved at dreie Stiften KL. Naar Dækningen er tilveiebragt, saa dreies atter Skiven D saaledes, at Linien P nu kommer til at speile sig i den anden af de to Flader, der danne den sögte Vinkel. Efterat man paa samme Maade som för har bragt Linierne til at dække hinanden, dreies Skiven D atter tilbage til den förste Stilling for at observere, om den först tilveiebragte Dækning endnu finder Sted, da man i modsat Fald atter maae tilveiebringe den paa en af de ovenanförte Maader. Efterat dette er gjentaget flere Gange, saa at Linierne i begge Stillinger nöiagtigen dække hinanden, da ere begge Fladerne bragte til at være parallelle med Axen FF, hvorefter Maalningen af Vinkelen kan foretages. Til den Ende dreies Skiven AB ved Hjælp af C saaledes, at den 180de Grad falder sammen med Noniussens Nulpunkt; derpaa dreies Krystallen ved Hjælp af Skiven D, saaledes, at AB ikke forandrer sit Sted, til den Stilling, at den ene Flade tilbagekaster Linien P, saaledes at den dækker Q, imedens den anden Flade er vendt mod Iagttageren. Nu dreies ved Hjælp af Skiven C det Hele fremad, saalænge til P kommer til at speile sig i den anden Flade, saaledes, at den atter dækker Q, og da aflæses paa den inddeelte Rand af AB, ved Hjælp af Nonius, Gradernes Antal, der da ligefrem angiver den sögte Vinkels Störrelse.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 3. Til at maale saavel Diameteren af Kugler, som Tykkelsen af tynde, haarde Legemer med en betydelig Grad af Nöiagtighed, anvendes med Fordeel *Sphærometret.*

Dette Instrument bestaaer af en Trefod af Jern A, A, A, (Pl. 1, Fig. 3) igjennem hvis Midte gaaer en Skrue BC med meget fine Gænger; denne Skrue ender sig forneden i en tilspidset Deel C, der dog ikke maa være skarp, og foroven i en Knap B med riflet Kant, hvorved man kan dreie Skruen. Nedenfor Knappen B befinder sig paa Skruen en i 2000 ligestore Dele inddeelt Skive DE, der med sin indeelte Kant stöder ganske tæt til en paa den ene Fod fastskruet Messingmaalestok FG, der fra et Nulpunkt paa Midten af Maalestokken er inddeelt til begge Sider i ligestore Dele, hvoraf hver er lig en Skruegangs Höide. Viser altsaa Skivens Kant paa Nulpunktet af Maalestokken FG, hvorved tillige den 2000de Afdeling af Skiven maa befinde sig ligeved Maalestokken, og man derpaa dreier Skruen med Skiven en heel Gang rundt, nemlig til 2000 atter kommer ligefor Maalestokken, da vil Skiven vise paa förste Afdeling over eller under Nulpunktet af Maalestokken, eftersom Omdreiningen skete til venstre eller höire Side. Fremdeles er Længden af Skruen saaledes afpasset, at naar den 2000de Afdeling af Skiven staaer ligefor Nulpunktet af Maalestokken, da ligger Enden C af Skruen nöiagtig i samme Plan som Enderne af Instrumentets 3 Födder A, A, A, saa at, naar det sættes paa en Plan, saavel Enden af Skruen, som Enderne af de tre Födder, alle netop beröre Planen, saaledes, at Instrumentet staaer uden at vakle.

Naar man nu ved Hjælp af dette Instrument vil maale Tykkelsen af et Legeme, da sætter man Instrumentet paa en plansleben Glasplade, der for Bequemmeligheds Skyld kan være indfattet i Instrumentets Kasse, og giver Instrumentets Dele den ovenfor antydede Stilling, i hvilken det da vil

staae fuldkommen fast. Dernæst bringer man det Legeme, der skal maales, under Enden af Skruen BC, og dreier nu, ved Hjælp af Knappen B, Skruen saalænge tilbage, indtil Vaklingen af Instrumentet netop er ophört; man aflæser da paa Maalestokken FG, hvormange hele Omdreininger, og paa Skivens Kant, paa det Sted, hvor den stöder til Maalestokken, hvormange 2000de Dele af en Omdreining Skruen har gjort, hvilke tilsammenlagte udgjöre det maalte Legemes Tykkelse. Plade I. Fig. 3.

I det nemlig en Skruegangs Höide er $\frac{1}{5}$ Linie = 0,2 Linie, saa udgjör hver Inddeling paa Maalestokken 0,2 af en Linie, og hver Inddeling paa Skiven $\frac{1}{2000}$ af $\frac{1}{5}$ Linie eller $\frac{1}{10000}$ Linie = 0,0001 Linie. Fandt man f. Ex. ved at maale et Legeme paa ovenanförte Maode, at Skiven stod imellem den 9de og 10de Afdeling af Maalestokken, og stödte til denne ved den med Tallet 1325 betegnede Inddeling af Skiven, da havde man maattet gjöre $9\frac{1325}{2000}$ Omdreining, eller Legemet havde havt en Tykkelse af: 9×0,2 Linie + 1325 × 0,0001 Linie = 1,8 Lin. + 0,1325 Lin. = 1,9325 Linie. Man seer tillige heraf hvilken stor Grad af Nöiagtighed dette Instrument tillader.

§ 3.

Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes Uigjennemtrængelighed.

Materien opfylder Rummet, og hindrer derved, at ingen anden Materie paa samme Tid kan være i det samme Rum. Det Phænomen, som den begrændsede Materie eller Legemerne herved bevirke, kaldes Uigjennemtrængelighed. Legemernes mechaniske Uigjennemtrængelighed viser sig saa almindelig i det daglige Liv, at den ikke kan nægtes; endog de Legemer, som gjöre mindst Modstand mod andre, og som derfor kunne synes at gjennemtrænges af andre, saaledes som Luften, besidde ligesaavel denne almindelige Egenskab, som alle andre Legemer, hvorom man kan overbevise sig paa forskjellige Maader.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 2, Fig. 1) er et stort Glas, som indtil Höiden C er fyldt med Vand, hvorpaa svömmer en Korkskive DE, som bærer et lidet Fuglebuur DEF med en levende Fugl i. GH er en cylinderformig og oventil ved H lukket Glasklokke, som sættes oven over Fugleburet. Naar Glasklokken GH trykkes ned til Bunden af Glasset AB, maa Korkskiven med Fugleburet DEF og Fuglen i synke ned i Glasset i Forhold eftersom Glasklokken bringes dybere deri. Ikkedestomindre vil Fuglen være ligesaa munter og vel tilmode paa Bunden af Glasset, som i den frie Luft; den vil ogsaa vise sig fuldkommen tör og ikke have berört Vandet, naar den tages ud af Glasset og Glasklokken. Vandet er altsaa ikke steget ind i Glasklokken GH, og Aarsagen hertil er Modstanden af den i Klokken værende Luft, som hindrer Vandet fra at komme hvor den er. Luften viser sig altsaa herved fuldkommen uigjennemtrængelig. Plade II. Fig. 1.

Man kan istedetfor Fugleburet og Fuglen anbringe et brændende Lys paa Korkskiven DE. Naar da Cylinderen GH bringes ned til Bunden af Glasset, vil man see Lyset, af ovenanförte Aarsag, brænde paa Bunden af det med Vand fyldte Glas AB.

ANDET INSTRUMENT.

AB (Pl. 2, Fig. 2) er et stort Glas, som indtil Höiden C er fyldt med Vand. F er en Glasklokke, som forestiller en *Dykkerklokke*, i hvilken er anbragt en lille Menneskefigur G af Træ eller Pap. Klokken er lukket Fig. 2.

Plade II. foroven, og betynget for neden med en Jern- eller Blyring; i den övre Ende af Klokken F er anbragt en Ring, hvori en Snor DE er befæstet.

Fig. 2. Man lader Dykkerklokken F synke til Bunden af Glasset AB, og drager den dernæst op igjen ved Snoren DE, hvorefter man vil finde Figuren G fuldkommen tör, fordi Vandet her, ligesom ved det forrige Forsög, formedelst Luftens Uigjennemtrængelighed ikke har kunnet trænge ind i Klokken F. Uagtet det ved begge de sidst anförte Forsög er sagt, at Vandet ikke træder ind i Klokken GH, eller i Dykkerklokken F, saa er dette dog ikke at forstaae i Ordets strengeste Forstand; thi da Vandet udöver et Tryk fra neden opad, og Luften er sammentrykkelig, saa maa denne give efter, og indskrænkes til et mindre Rum, i Forhold som hiint Tryk ved en dybere Indsænkning foröges. Formedelst denne Luftens Condensabilitet eller Sammentrykkelighed, er Brugen af Dykkerklokken forbunden med megen Vanskelighed, ja endog med Fare for Dykkeren; thi naar Atmosphærens Tryk antages at være ligt en Vandcolonnes af 32 Fods Höide, saa vil Luften ved 32 Fods Dybde sammentrykkes i Klokken til det Halve, ved 64 Fods Dybde til en Trediedeel af det Rum, den indtog för; o. s. f. Dykkeren erholder saaledes ved betydelige Dybder en yderst sammentrykket Luft til Indaanding, som kan forvolde ubehagelige Følger.

TREDIE INSTRUMENT.

En Glastragt indslibes eller indkittes i Halsen af en Flaske, saaledes, at ingen Luft kan komme ind eller ud imellem Tragten og Halsen af Flasken. Man gyde nu pludselig og paa eengang en tilstrækkelig Mængde Vand i Tragten, og man vil see, at Vandet bliver staaende i Tragten, og synker ikke ned i Flasken. Saaledes viser dette Forsög, ligesaavel som de foregaaende, Luftens Uigjennemtrængelighed.

Uagtet vi saaledes overalt finde, at Materien udöver Modstand mod enhver anden Materie, som vil trænge ind i samme Rum, og at Uigjennemtrængelighed derfor med Rette tillægges alle Legemer, kunne vi dog ikke nægte, at Legemerne ere istand til at virke igjennem hinanden, formedelst deres indvortes Kræfter, og derved at indgaae Forbindelse med hinanden. Man er maaskee derfor berettiget til at skjelne hiin, eller den mechaniske Uigjennemtrængelighed, fra denne, eller den dynamiske, da Legemerne ere mechanisk uigjennemtrængelige, men synes at være dynamisk gjennemtrængelige.

§ 4

Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes Porositet.

Dersom vi forestille os et begrændset Rum fuldkommen opfyldt med Materie, da erholde vi Begrebet om et *fuldkommen tæt Legeme*, hvori Materien kunde være eensartet eller ueensartet; imidlertid lærer Erfaring os, at intet Legeme er fuldkommen tæt, men at imellem dets Dele befindes Mellemrum eller Porer, og man anseer derfor *Porositet* som en af Legemernes almindelige Egenskaber. Man indseer lettelig, at den samme Mængde Materie maatte udfylde et större Rum, naar Mellemrummene eller Porerne imellem dens Dele vare större eller flere, end naar de vare mindre eller færre, og at man altsaa med Hensyn paa et Legemes Porositet kan bestemme dets Störrelse paa to forskjellige Maader. Den ene indbefatter den Mængde af Materie, som et Legeme indeholder, uden Hensyn paa de Mellemrum, som ere imellem dets Dele, og dette udgjör *Legemets Masse*. Den anden indbefatter Mængden af Materie, som et Legeme indeholder, tilligemed de imellem Delene værende Porer, hvorved angives

Legemets Omfang eller *Volumen.* — Af de mangfoldige Forsög, ved hvilke Legemernes Porositet kan vises, anföres her följende: Plade II.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 2, Fig. 3) er en Glas-Karaffel, hvis Bund er indböiet, og saa nöiagtig afslebet, at den kan slutte paa Pladen eller Tallerkenen IK af en Luftpompe, og tjene som Recipient. Igjennem denne Bund gaaer et i begge Ender aabent Rör af Messing CD, som er nöiagtig kittet til Flaskens Bund, og tjener saavel til at sætte den Luft, som er i Flasken, i Forbindelse med Luftpompen, som til at hindre det Vand, der gydes i Flasken, fra at löbe ud. EF er et paakittet Laag af Messing, med en Aabning i Midten, hvorigjennem gaaer en Green eller Træpind GH, som omhyggeligen maa indkittes i Aabningen. Naar Flasken bringes paa Pladen af Luftpompen, da vil, efterat den i Flasken værende Luft er udpompet, den Luft, som er i Trægrenen eller Pinden, udvide sig, trænge igjennem Grenens Porer, og blive synlig under Form af Blærer eller Bobler i Vandet. Fig. 3.

ANDET INSTRUMENT.

AB (Pl. 2, Fig. 4) er en aaben Glas-Cylinder eller Recipient, hvis underste Rand er afslebet, saaledes, at den passer eller slutter paa Pladen GH af en Luftpompe, og hvis övre Kant er lukket ved Messingpladen C. I Midten af denne Plade er en Aabning, hvori et Bæger af haardt Træ DE (som sees i Profil Fig. 5) er befæstet, og omhyggeligen indkittet. Recipienten AB sættes over et langt og smalt Glas FI, saaledes at Tappen E af Træbægeret DE staaer i Glasset. Foden af dette Glas maa, saavel ved dette, som ved alle lignende Forsög, være forsynet med et lidet Hul, eller ogsaa maa det sættes paa et lidet Træ-Stativ, eller en Forhöining af Træ, for derved at skaffe Forbindelse imellem Luftpompen og Recipienten. Fig. 4 Fig. 5.

Kommer man nu noget Qviksölv i Træbægeret DE, og sætter begge Glassene i den Stilling, som ovenfor er sagt, ovenpaa Pladen GH af Luftpompen, og man dernæst udpomper Luften af Glassene, da vil Qviksölvet, formedelst Trykningen af den ydre atmosphæriske Luft, bane sig Vei igjennem Tappen E af Bægeret DE, og man vil see Qviksölvet trænge igjennem alle dens Porer ind i Glasset F, under Skikkelse af en fiin og glimrende Regn.

Man lægge et Æg i et Glas som FI (Pl. 2, Fig. 4), eller man befæste med blödt Vox en Valnöd paa Bunden af dette Glas, og gyde det dernæst næsten fuldt med Vand, samt sætte det under en sædvanlig Glas-Recipient paa Pladen af Luftpompen. Man frembringe nu ved Hjælp af Luftpompen det lufttomme Rum under Recipienten, og man vil bemærke ved hvert Slag med Luftpompen, at Luften, som er indesluttet i Æget eller Valnödden, bryder gjennem alle Porer af Skallen, og gaaer gjennem Vandet, under Skikkelse af smaae Blærer eller Kugler, indtil Vandets Overflade, hvor de briste, og fordele sig under Recipienten.

Man komme noget Qviksölv paa et Stykke blödt Bukke- eller Dyre.Skind, og lægge dernæst alle Enderne af Skindet sammen, samt binde dem fast med en Snor eller Seilgarn, saaledes, at Skindet ud gjör en lille veltillukket Pose med Qviksölv i. Holder man nu denne lille Pose ved Enderne i den ene Haand, og trykker den med Fingeren af den anden Haand, da vil man see Qviksölvet trænge igjennem alle Porer af Skindet, under Skikkelse af uendelig mange smaae Kugler, eller som den fineste Qviksölv-Regn.

Ved at bemærke den store Mængde af Porer, som Overfladen af dette lille Stykke Skind

Plade II. fremviser ved dette Forsög, kan man gjöre sig Begreb om den utroelige Mængde Porer, som befinde sig paa Menneskets Hud og Dyrenes Skind, og hvis Mængde, efter den berömte *Leuwenhoek's* Beregning, er anslaaet paa et fuldvoxent Menneske til 2 Billioner og 16 Millioner. Man vil lettelig indsee Vigtigheden af disse smaae Redskaber for den dyriske Oeconomie og Organisation, da den umærkelige Uddunstning, Hud-Uddunstningen, som foregaaer derigjennem, langt overstiger Vægten af alle andre Udtömmelser hos Mennesket og Dyret.

Som et meget iöinefaldende Beviis paa Legemernes Porositet anföres her det saakaldte sympathetiske Blæk. Man skrive nogle Bogstaver, eller hvadsomhelst man vil, paa hvidt Papir med en Oplösning af æddikesuurt Bly (Blysukker), som ville være aldeles usynlige naar Papiret er tört. Lægges dette Papiir imellem de förste Blade af en Bog, og det sidste Blad af Bogen befugtes med en Oplöning af levende Kalk og guulsvovlet Arsenik (Auripigment), og Bogen derpaa lukkes og lægges under Presse, da vil Skriften efter nogle Minutter blive synlig, og vise sig med en mörkebruun Farve, som bliver mere eller mindre sort, i Forhold til den sidste Oplösnings större eller mindre Styrke. Man kan endnu anföre Metallernes Oplösning i Syrerne som en Fölge af Legemernes Porositet; thi dersom Syren og Metallet, formedelst deres vexelsidige Beslægtning, ikke kunde trænge i hinandens Porer, kunde ingen Oplösning af Metallet finde Sted.

Nogle Naturkyndige anfage, at ikkun de faste Legemer have Porer eller Mellemrum, men at disse ikke finde Sted ved de flydende Legemer. Uden her at forsvare eller bestride det Modsatte, da det ikke henhörer til dette Værks Natur at være Talsmand for dette eller hiint System, men ikkun at fremsætte Kjendsgjerninger, og at overlade til Naturgrandskeren deraf at drage de Slutninger, som forekomme ham at være de rigtigste, maa her dog anföres, at flydende Legemer kunne indgaae saadan Forbindelse med hinanden, at de efter Forbindelsen indtage et mindre Rum end tilforn.

Man fylde de to Trediedele af en liden tynd Glasflaske, som har en smal og lang Hals, med Vand, og den tilbageblivende Trediedeel med Svovlsyre (Vitriololie); dernæst lukke man Flasken med en nöiagtig indsleben Glasprop, og ryste Blandingen stærkt, og man vil da bemærke en betydelig Bevægelse og stærk Hede i Blandingen. Naar denne er forbi, indtage hegge Fluida et betydeligen mindre Rum i Flasken, end för Blandingen. Det samme finder Sted, dersom man paa samme Maade blander to Trediedele Vand, og en Trediedeel Vinaand med hinanden.

Begge disse Forsög synes at vise, at disse Fluida have Mellemrum, hvilke vexelsidig ved og efter Blandingen ere blevne mere opfyldte, end de vare forinden Blandingen skete, hvorfor de nu indtage et mindre Rum. Til disse Forsög ere Flasker af Form som Pl. 2, Fig. 6, meget passende, Fig. 6. især dersom paa Halsen er indsleben smaae Mærker, og det i Forveien ved nöiagtige Forsög er bestemt, hvormeget ethvert af disse smaae Rum udgjör imod hele Flaskens Indhold. Man vil da være istand til nöiagtigen at bestemme, hvormeget mindre Rum de sammenblandede flydende Legemer indtage efter Blandingen, end tilforn.

§ 5.

Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes Deelbarhed.

Allerede af Legemernes Udstrækning og Porositet fölger, at de maae bestaae af Dele, og at alle Legemer maae være deelbare. Hvorvidt Legemernes Deelbarhed strækker sig, og om den gaaer i det Uendelige, er et Spörgsmaal, som ikke henhörer til Physikkens Formaal, og som vi heller ikke kunne afgjöre,

uagtet vi ikke kjende nogen Grændse for Legemernes Deelbarhed, og ikke kunne angive nogen Grund, hvorfor ikke en Deel af et Legeme, i hvor liden den end maatte være, kunde deles endnu oftere. Imidlertid har det længe været antaget som Grundlov i Physikken, at Legemernes Deling havde en Grændse, og at man, ved at dele Legemerne, tilsidst maatte stöde paa Dele, som ikke videre kunde deles. Disse mindste Dele af Legemerne, som skulde besidde Uigjennemtrængelighed, Figur og Udstrækning, uden Porositet og Deelbarhed, bare Navnet af *Atomer*, og Systemet, som stöttede sig paa denne Lære, blev kaldet det *atomistiske*. Plade II.

Nöiere Bekjendtskab med Legemernes indvortes Kræfter og deres Love har i de nyere Tider fremkaldet et andet System, hvis Stifter egentlig er den berömte *Kant*, og som förer Navn af det *dynamiske*, efter hvilket Materien ene udfylder Rummet ved visse Grundkræfter.

Erfaring lærer os, uden Hensyn til noget af disse Systemer i Særdeleshed, at alle Legemerne kunne deles, at denne Deelbarhed er meget stor, og at disse Dele kunne være *eensartede* (homogène) eller *ueensartede* (hetérogène). De förste erholdes ved mechaniske, de sidste kun ved chemiske Midler. Saaledes vil Zinober f. Ex. ved at stödes, knuses eller rives, deles i eensartede Dele, da enhver Deel deraf, hvor liden den end maatte være, stedse bliver af samme Natur og Beskaffenhed som det Hele; ved derimod at deles, eller oplöses ved chemiske Midler, fremkomme dets ueensartede Dele, nemlig Svovl og Qviksölv, som Zinoberets enkelte Bestanddele.

Iblandt de mangfoldige Exempler paa stor Deelbarhed anföres her Guldet, hvoraf eet Gran under Guldslagerens Haand kan deles i 346 Millioner synlige Dele. Af eet Gran Kobber-Vitriol kan 392 Cubiktommer Vand erholde en meget skjön blaae Farve, og altsaa er efter en meget antagelig Regning et Gran Kobber istand til at deles i 392 Millioner synlige Dele.

Efter *Leuwenhoek's* microscopiske Bemærkninger findes i Vand, som er gydet paa Peber, og har staaet i Solen, Infusionsdyr, hvis legemlige Indhold anslaaes til en Tusende-Milliondeel af et grovt Sandskorn; ikke destomindre ere de organiske Legemer, hvis Lemmer og indre Redskaber maae være endnu mindre.

Uddunstningen af Blomster eller Frugter give paafaldende Beviis paa overmaade stor Deelbarhed; thi da en eneste Blomst, f. Ex. en Natviol, er istand til i kort Tid at opfylde et meget stort Værelse, f. Ex. af 12 Alen i Qvadrat og 6 Alen i Höide, med lugtende Partikler, saaledes, at intet Rum i Værelset derfor er undtaget, og man altsaa kan antage, at paa ethvert Sted i dette Rum befindes en Partikel, som er istand til at virke paa vore Lugte-Nerver, saa vil man, ved en meget antagelig Beregning, og ved at forudsætte, at i enhver Cubiklinie af Rummet ikkun befindes en eneste lugtende Partikel, kunne antage, at fra Blomsten er i kort Tid udgaaet flere tusende Millioner lugtende Partikler eller Dele, og det uden at Blomsten har tabt det ringeste mærkelige i sin Vægt, dersom denne i Forveien har været undersögt.

INSTRUMENT.

AB (Pl. 2, Fig. 7) er et lidet Kar af Metal, indrettet til en Lampe, som fyldes med Viinaand, og hvori indbringes en Bomulds Væge. — Karret har foroven tre smaae Arme, som böie sig, og ere skikkede til at bære den lille Æolipila eller Dampkugle C, som i Almindelighed er af Metal, men som ogsaa kan være af Glas. Figur 7.

Efterat omtrent de to Trediedele af Æolipilen C er fyldt med stærkt Lavendelvand, veies det hele Apparat paa en meget fiin og nöiagtig Vægt. Æolipilen bringes dernæst over den antændte Lampe,

Plade II.

hvorpaa det lugtende Vand meget hastigen vil komme i Kog, og udgaae gjennem Dampkuglens Næb som vellugtende Dampe. Naar Værelset synes gjennemtrængt af Dampene, og Lugten af Lavendlerne bemærkes paa ethvert Sted i Værelset, slukkes Lampen, og efterat Dampkuglen er fuldkommen afkjölet, veies den paa ny. Man vil da finde, at den efter Omstændighederne har tabt et til to Gran i Vægt, og man kan efter foregaaende Beregning gjöre sig et nogenlunde Begreb om Graden, til hvilken den lille Masse, som er fordunstet, har maattet fordele sig i Værelset.

Ved at anvende chemiske Midler for at dele Legemerne i deres ueensartede (hetérogène) Dele, erholdes tilsidst saadanne, som ikke videre lade sig chemisk dele eller oplöse, og som forekomme os som fuldkommen ueensartede. Disse sidste eller enkelte Bestanddele af Legemerne, bleve af de ældre Naturkyndige benævnede *Elementer*; vi kalde dem *Grundstoffer*, eller *Legemernes fjerneste Bestanddele*; som saadanne nævnes her Lysstof, Varmestof, Suurstof, Vandstof, hvilke alle vi ikke ere istand til at fremstille særskilte og for sig selv, og som vi ikkun kjende ved deres Virkninger, eller i Forbindelse med andre Dele, eller med Legemernes nærmere Bestanddele.

§ 6.

Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes Sammenhæng eller Cohæsion.

Erfaring lærer os, at Delene af ethvert Legeme hænge sammen med en vis Kraft, hvorved de gjöre Modstand mod alt det, som stræber at skille dem fra hinanden; dette Phænomen kaldes *Sammenhæng* eller *Cohæsion.*

Med Hensyn paa den större eller mindre Modstand, som Delene af et Legeme gjöre mod det, som stræber at adskille dem, og altsaa med Hensyn paa den större eller mindre Kraft, som udfordres for at bevæge Delene fra hinanden, inddeles Legemerne i faste (solida) og flydende (fluida).

De flydende Legemer kunne være draabeflydende, som Vand, Viin, Qviksölv, og expansible, eller elastisk flydende, som den atmosphæriske Luft, Gasarterne, Dampe. Af de elastisk flydende Legemer besidde nogle en vedholdende og bestandig Elasticitet, andre derimod ikke. De förste kaldes derfor *permanent elastisk flydende*, saaledes som den atmosphæriske Luft og Gasarterne, de sidste kaldes *transitorisk elastisk flydende*, saaledes som Dampene.

Alle faste Legemer kunne forandre deres Tilstand og blive flydende, og altsaa kan Fasthed ikke ansees som nogen absolut, men meget meer som en relativ Egenskab hos Legemerne. Med Hensyn paa de forskjellige Egenskaber, som Legemerne yttre, saavel ved deres Sammenhæng, som under eller efter deres Flytning og Adskillelse fra hinanden, kaldes Legemerne *haarde, blöde, skjöre, seige* og *elastiske* eller *spændstige*; saaledes ere de fleste Metaller haarde, fugtigt Leer, Kit o. fl. derimod blöde. Glasset er skjört; varmt Glas, Fugleliim, de ædle Metaller, især Guldet, ere derimod seige. Staalfjedre, elastisk Gummi, Luften, ere elastiske eller spændstige.

Det er klart, at den Kraft, som udfordres for at flytte, eller for at frarive nogle Dele af et Legeme fra de övrige, maa være forskjellig i Forhold til de forskjellige af disse nævnte Egenskaber, som Legemet er i Besiddelse af; ligesom og at dets större eller mindre Haardhed og Seighed bestemmer dets Styrke eller Fasthed. Herover have Muschenbroek, Sickingen og Büffon anstillet vigtige Forsög. Iövrigt gives der neppe noget Legeme, som kun besidder een af ovennævnte Egenskaber; idetmindste tager ethvert fast Legeme mere eller mindre Deel i dem alle; i Særdeleshed synes Elasticiteten at tilhöre dem alle, skjöndt den ikke stedse viser sig i lige Grad. Imidlertid er intet Legeme fuldkommen elastisk, og det bemærkes,

at nogle Legemer ikke kunne yttre denne Egenskab, uden under visse Skikkelser, eller i smaae Masser, og at Elasticiteten föröges eller svækkes hos samme Legemer under forskjellige Omstændigheder. Plade II.

Elasticiteten i Legemerne viser sig ved den Egenskab, som Legemets Dele besidde, at gjenindtage deres forrige Stilling og Skikkelse, efterat den ved nogen ydre Kraft er forandret, og den Kraft, som foraarsagede det, igien ophörer, hvad enten dette skeer ved Udvidelse, som Luften, der er istand til at sammentrykkes og igjen at indtage det samme Rum som för, eller ved Sammentrækning, som i en spændt Stræng, der drages ud af sin retliniede Stilling, eller ved begge tillige, som ved Staalfjedre, der böies.

At Delene af elastiske Legemer forandre deres Skikkelse ved at stöde imod andre Legemer, og at de efter Stödet gjenindtage deres forrige Skikkelse, kan gjöres anskueligt ved följende Apparat.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 2, Fig. 8) er en fuldkommen glat Marmorplade, indfattet i Træ, og C en Elfenbeens-Kugle, der som saadan kun kan beröre Marmorpladen i et eneste Punkt. Fig. 8.

Overtrækker man Marmorpladen med Dampe (hvilket kan skee ved blot at aande derpaa), eller med fugtig Farve, og lader Kuglen fra en nogenledes Höide falde paa Pladen, da springer den tilbage, og efterlader sig en blank Plet paa Pladen, der, som en Cirkel af kjendelig Störrelse, er et tydeligt Tegn paa en foregaaet Sammentrykning, og altsaa paa Elasticitetens Virkning hos begge de stödte Legemer.

At Skikkelsen og Figuren af Legemerne ofte bestemme deres Elasticitetsyttring, sees ved Glasset, som lader sig trække og spinde ved Hjælp af Smeltelampen i Traade, der ere tyndere end den fineste Silke. — Disse Traade lade sig böie i alle Retninger, og saaledes bliver Glasset elastisk ved at bringes i smaae Masser, skjöndt det ellers henhörer til de skjöre Legemer.

Man kan vise det samme paa en anden Maade. Til den Ende tage man et almindeligt Vinglas ABC (Pl. 2, Fig. 9) og holde dets överste Rand over en Kulild, samt beröre det gloende Sted af Glasset, f. Ex. A, med en vaad Træpind; Glasset erholder derved paa dette Sted en lille Ridse eller Sprække. Förer man dernæst et gloende Kul fra denne Ridse langsomt rundt omkring Glasset, indtil henimod Bunden B, da vil Ridsen stedse följge Kullet eller Glöden, og paa den Maade er man istand til at gjennemskære Glasset i smale sammenhængende Strimler. Holdes Glasset dernæst ved Foden C, saaledes, at den överste Rand A vender ned ad, da vige de gjennemskaarne Strimler af Glasset fra hinanden, og vise nu samme Elasticitet, det vil sige Udvidelse og Sammentrækning, som en spiralvunden Staalfjeder. Fig. 9.

Erfaring lærer os, at somme Legemer under visse Omstændigheder kunne blive mere eller mindre elastike; at de ligeledes fra seige eller strækkelige kunne blive skjöre, og fra saadanne igjen seige eller strækkelige. Saaledes blive adskillige Metaller elastiske naar de hamres, derimod taber en Staalfjeder sin Fjederkraft ved lang Spænding eller Sammentrykning. Jern og flere Metaller blive skjöre i Kulden, derimod bliver Jerntraad seig og böielig ved at udglödes. Aarsagen til disse forskjellige Modificationer og Yttringer ved Legemernes Sammenhæng, maa fornemmelig söges i de mindste Deles indvortes Sammensætning og Stilling imod hinanden indbyrdes; idetmindste lærer Erfaring os, at Form og Udseende af de mindre Dele i forskjellige Metaller forandre sig i Forhold til disses större eller mindre Skjörhed og Seighed. Saaledes har pludseligen afkjölet Jern et meget grovt Korn i Bruddet, og er derved meget skjört; gjöres det samme Jern igjen glödende, og afkjöles dernæst meget langsomt, da bliver det seigt og stærkt, og har nu et meget fiint Korn i Bruddet.

Et meget iöinefaldende Exempel paa Virkningen af pludselig Afkjöling giver os de bekjendte Bologneser-Flasker, og de saakaldte Glastaarer.

Plade II.

ANDET INSTRUMENT.

Fig. 10. De saakaldte Bologneser Flasker före dette Navn, fordi de ere blevne bekjendte ved Forsög, som ere anstillede af Institutet i Bologna.

AB (Pl. 2, Fig. 10) er en saadan lille Kolbe af temmelig tykt Glas, i Særdeleshed ved Bunden B. Den blæses ligesom alt andet Glas, men afkjöles pludseligt i Luften, og ikke i Kjöleovnen som det övrige Glas; herved afkjöles de ydre Dele meget hastigere end de indre, og de forskjellige Glasdele erholde derved en meget ulige Spænding. Disse Glas kunne udvendigen taale meget stærke Slag og Stöd; ligeledes at en glat Blykugle kastes ind i dem, derimod springe de i Stykker, saasnart den mindste skarpe Flintesteen bringes deri. Aarsagen hertil er, at den skarpe Steen, i hvor liden den end er, frembringer en lille Ridse i Glasset, som gjör Begyndelsen til en Adskillelse imellem Glassets Dele, hvilken i samme Öieblik forplantes gjennem alle Delene formedelst disses uregelmæssige Stilling og löse Forbindelse med hinanden.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 11. Naar Glas smeltes i gloende Tilstand, og falder draabeviis i koldt Vand, antager det den Skikkelse, som sees i AB (Pl. 2, Fig. 11); det er, det danner ovalrunde Legemer, som ende sig i en lang og tynd Hale, og kaldes, efter at være afkjölet, *Glasdraaber* eller *Glastaarer*. Disse Glastaarer have den besynderlige Beskaffenhed, at den ovalrunde Deel deraf A, eller det egentlige Corpus taaler, at der slaaes derpaa med Hamre, og ligeledes at slibes, uden at brækkes itu, hvorimod den hele Glasdraabe springer itu i fiint Glasstöv, saasnart den alleryderste Spidse af Halen afbrydes.

Aarsagen hertil maa ligesaavel som ved Bologneserflasken söges i Delenes ulige Spænding og Forbindelse med hinanden. Glasdraaberne, saavelsom Bologneserflaskerne tabe deres store Skjörhed ved at udglödes paa Kulild, og meget langsomt at afkjöles.

Legemernes Sammenhæng er Materiens Bestræbelse efter at antage en bestemt Form og Figur; den viser sig stedse ved de flydende Legemer i Draabeskikkelsen, men ved de faste nnder Former, som vi kalde Krystaller, og som ere forskjellige ifölge Legemernes forskjellige Natur. Disse Phænomener ere for bekjendte, for her at opholde sig derved, eller at anföre mange Exempler derpaa.

§ 7.

Uden at forsöge paa at angive nogen Aarsag til Sammenhængen, som vi bemærke imellem Legemernes Dele indbyrdes, eller her at ville anföre de forskjellige Hypotheser, som især de ældre Naturkyndige have udtænkt og angivet for at forklare dette Phænomen, nöies vi med at ansee det for Fölge af en Kraft, der er alle Legemer egen, og som vi benævne *Sammenhængskraften*.

Denne Kraft yttrer sig ikke alene mellem Delene af et og det samme Legeme, men ogsaa imellem forskjellige Legemer saaledes, at begge kunne herved enten være faste, eller begge flydende, eller det ene fast og det andet flydende. Man bemærker herved, at denne Kraft retter sig efter Beröringspunkternes Antal, og at Sammenhængen imellem tvende Legemer er stærkere i Forhold til de flere Punkter, i hvilke de beröre hinanden, ligesom den derimod formindskes ved alt det, som er den fuldkomne Berörelse hinderlig.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Plade II.

Tvende tykke Glasplader slibes nöiagtig mod hinanden, og indkittes enhver for sig i en Messingindfatning med en Ring i Midten, saaledes som Pl. 2, Fig. 12 viser. Messing Indfatningen maa være saaledes, at den ikke hindrer Glaspladerne fra at beröre hinanden langs ad deres hele Flade. Lægges disse tvende Plader paa hinanden, saaledes som Pl. 2, Fig. 13 udviser, og trykkes noget imod hinanden, da vil man finde, at de hænge sammen, og at der ofte udfordres en betydelig Kraft for at skille dem fra hinanden. Fig. 12. Fig. 13.

Messingringen, Fig. 14, tjener til at hindre, at Pladerne ikke skulle glide fra hinanden, og at Vægten, som skal adskille dem fra hinanden, virker lodret. Fig. 14.

ANDET INSTRUMENT

A og B (Pl. 2 Fig. 15) ere tvende Blykugler, i hvilke ere indskruede tvende Kroge C og D, for ved Hjælp af den ene at ophænge Instrumentet, og paa den anden at anbringe en Vægt. Naar man med et skarpt Instrument gjör et lidet Snit i begge disse Kugler, omtrent en Linie i Diameter, paa de Punkter, som staae ligeover for Krogene C og D, og derpaa trykker Snittene noget stærkt imod hinanden, for at Overfladerne kunne beröre hinanden i flere Punkter, og ophænger Kuglerne ved den ene Krog, da vil en temmelig betydelig Vægt (undertiden over 20 Pund) udkræves ved den anden Krog, for at rive dem fra hinanden. Fig. 15.

TREDIE INSTRUMENT

A og B (Pl. 2, Fig. 16) ere tvende glatslebne Marmorcylindre, som ved at trykkes imod hinanden ville yttre en saa stærk Sammenhæng eller Cohæsion, at den, ligesom ved de foregaaende Forsög, ikke kan overvindes uden ved en betydelig Kraft eller Vægt. Pladerne Fig. 13, saavelsom Cylindrene Fig. 16 ville yttre en endnu stærkere Sammenhæng, og udkræve en endnu större Kraft for at adskilles fra hinanden, dersom de bestryges med Vand, Olie eller Tælle, da Beröringen herved bliver fuldkomnere. Fig. 16.

Dersom noget Qviksölv bringes paa en reen Glasplade, da antage de smaae Dele deraf Kugle- eller Draabe-Skikkelsen; föres saadan en lille Qviksölvkugle imod en anden, da flyde begge Kuglerne sammen, og udgjöre nu een Draabe. Det samme finder ligeledes Sted, naar tvende Draaber Vand nærmes til hinanden paa en Metalplade, da flyde de sammen og udgjöre een Draabe; og saaledes see vi Virkningen af Cohæsionskraften ligesaavel ved de flydende, som ved de faste Legemer.

FJERDE INSTRUMENT

AB (Pl. 2, Fig. 17) er et Messingstativ, i hvis cylindriske Fod A en Metalstang C efter Behag kan föres op og ned, og befæstes ved Hjælp af Skruen L. Denne Metalstang bærer en letbevægelig Vægtstang DE, ved hvilken Stiften eller Tungen F angiver Ligevægten ved Graderne paa Buen GH, som er fastgjort paa Enden af Stangen C. Vægtstangen bærer tvende Vægtskaale I og K. Under den ene af disse Skaale K, hænges et firkantet Stykke let Træ M, som i Forveien er gjennemtrukket med Vand, og herunder sættes et Glas NO, som indtil Höiden P er fyldt med Vand. Vægtskaalen sættes i fuldkommen Ligevægt ved saa megen Modvægt i Skaalen I, som Træstykket M veier, og man vil nu finde, at et eneste Grans Tillæg i Skaalen I er mere end tilstrækkeligt til at ophæve Ligevægten. Man förer derpaa Stangen C saa dybt ned, at den nederste Flade af Træet M Fig. 17.

Plade II. Fig. 17. netop rörer Vandets Overflade i Glasset NO, og man vil finde, at Cohæsionskraften imellem Vanddelene i Glasset og Træet M er saa stor, at dette ikke uden ved betydelig Modvægt i Skaalen I kan rives fra Vandet. Man erfarer samme Virkning, dersom man i Stedet for Vand kommer Qviksölv i Glasset NO, og istedetfor Træstykket M bruger en Glasplade.

Denne Sammenhængskraft imellem faste og flydende Legemer benævnes sædvanlig *Adhæsion*, istedetfor at den imellem flydende Legemer kaldes *Cohæsion*.

FEMTE INSTRUMENT

At Cohæsionen eller Sammenhængen imellem Legemerne ikke bevirkes ved Luftens eller nogen anden flydende Materies Tryk imod Delene af Legemerne, hvorved de sammenholdes, som *Bernoulli* har paastaaet, derom kan man overbevise sig ved Glaspladerne (Pl. 2, Fig. 13), eller Cylindrene af Marmor eller Bly (Pl. 2, Fig. 16).

Naar et Par deraf (Pl. 2, Fig. 13) ere lagte og trykkede imod hinanden, indhænges i den underste Plade eller Cylinder en Vægt af et halvt Pund, eller mere, i Forhold til Overfladernes Störrelse, og begge de forbundne Plader eller Cylindre, tilligemed Vægten, ophænges i en dertil passende Indretning, Plade III. Fig. 1. eller i et Stativ AB (Pl. 3, Fig. 1), som dernæst tildækkes med en stor Glasrecipient CD, og sættes paa Pladen EF af Luftpompen, saaledes som Figuren udviser. Frembringes dernæst det lufttomme Rum under Recipienten CD, ville Pladerne eller Cylindrene ikke desto mindre blive hængende sammen, ligesaavel som i Luften udenfor Recipienten, og altsaa kan Trykket af Luften ikke antages som Aarsag til Sammenhængen. Man kan med ligesaa liden Sandsynlighed paastaae, at en finere flydende Materie (som Tilhængerne af denne Hypothese kalde *Ætheren*) er istand til at trænge gjennem Glasrecipienten og derved at bevirke Pladernes Sammenhæng; thi den Matenie, som var istand til at trænge igjennem Glasrecipienten, maatte med samme Lethed trænge igjennem Glaspladerne, og derfor, langt fra at bidrage til deres Sammenhæng, meget mere bevirke deres Adskillelse fra hinanden.

Ligesom vi allerede ovenfor have seet, at et fast og et flydende Legeme yttrede Sammenhængskraft til hinanden, saaledes lærer Erfaring os i Almindelighed, at Virkningen af Sammenhængskraften finder ligesaavel Sted imellem ueensartede, som eensartede Legemer, skjöndt i forskjellig Grad, saaledes, at nogle ueensartede Legemer vise meget liden eller endog slet ingen mærkelig Tiltrækningskraft til hinanden.

Uden at opholde os ved de mangfoldige Forsög og Erfaringer af det daglige Liv, som bekræfte dette, ville vi blot blive staaende ved Virkningen af Vand og Qviksölv paa nogle forskjellige Legemer. Saaledes veed Enhver, hvor vanskeligt det er, langsomt at hælde Vand ud af et Glas, som er fuldt, uden at Vandet löber langs med Kanterne af Glasset; derimod udfordres ingen Umage eller Forsigtighed til at hælde Vand ud af et Metalbæger. Qviksölvet hældes uden Uleilighed ud af et Glas, men bliver derimod tildeels hængende ved den indvendige Side og Kanterne af et Metalbæger. Aarsagen hertil er, at Sammenhængskraften er stærkere imellem Glasset og Vandet, end imellem dette og Metallet, men derimod ringere imellem Glasset og Qviksölvet, end imellem dette og Metallet.

Man kan see det samme paa en anden og endnu mere paafaldende Maade. En Vanddraabe bliver staaende og beholder Draabeskikkelsen paa en Metalplade, men taber den paa en Træ- eller Glasplade; Qviksölvdraaben derimod beholder Draabeskikkelsen paa en Glasplade, men taber den paa

en Metalplade. Aarsagen til dette Phænomen er, at Cohæsionskraften kan være enten stærkere eller svagere imellem et Legemes Dele indbyrdes, end imellem disse og et andet Legeme, som bringes dertil. Saaledes er Cohæsionskraften i Vanddraaben stærkere imellem Delene indbyrdes, end imellem disse og Metallet; men derimod svagere, end imellem Træet eller Glasset og Vandet. I Qviksölvdraaben er Cohæsionskraften svagere imellem Delene af Qviksölvet indbyrdes, end imellem disse og Metallet, og derimod stærkere end imellem Glasset og Qviksölvet. Plade III.

Formedelst denne stærkere eller svagere Sammenhængskraft, som Delene af et flydende Legeme yttre til hinanden indbyrdes, end til et andet Legeme, som de beröre, fremkommer det mærkværdige Phænomen, som vi see ved *Haarrörene*.

SJETTE INSTRUMENT.

Haarrör (Tubi capillares) kaldes alle de Rör, hvis Diameter ikke er större end $\frac{1}{10}$ af en Tomme; en Deel saadanne Haarrör, som ere af forskjellige Gjennemsnit, sees Pl. 3, Fig. 2, hvor de forestilles indstukne i Messingpladerne B og C. Oplöftes disse Plader ved Stangen A, og sættes tilligemed Haarrörene i Glasset D (Pl. 3, Fig. 3), hvori er Vand, Melk, Viinaand, eller ethvert andet Fluidum, da vil Sammenhængs- eller Adhæsionskraften mellem Glasrörene og Fluidum, f. Ex. Vand, som overvinder Cohæsionskraften mellem Vandets Partikler indbyrdes, foraarsage, at Vandet, tvertimod Hydrostatikkens almindelige Lov for communicerende Rör, stiger op i Haarrörene oven over Vandfladen til Höider, som paa det nærmeste staae i omvendt Forhold til Rörenes Diameter, saaledes, at det staaer höiest i de Rör, som ere mindst i Gjennemsnit. Fig. 2. Fig. 3.

Er det flydende Legeme i Glasset D derimod Qviksölv, da vil Cohæsionskraften mellem dets Partikler indbyrdes være större, end dets Adhæsionskraft til Glasrörene, og foraarsage, at det i Rörene staaer lavere, end udenfor samme.

At den specifiske Vægt af disse Fluida ikke her kommer i Betragtning, sees deraf, at i Rör af samme Gjennemsnit staaer den lettere Viinaand ikke saa höit som det tungere Vand. *Guay Lussac* har angivet et Instrument til at maale Höiderne af Fluida i Haarrör.

At disse Phænomener ere Følger af Sammenhængen imellem Rörene og det Fluidum, hvori de bringes, og at ikke Luftens Tryk herved er den virkende Aarsag, vises ved nedenstaaende Forsög.

SYVENDE INSTRUMENT.

AB (Pl. 3, Fig. 4) er en liden Messingplade af 3 til 4 Tommers Höide og omtrent $\frac{1}{2}$ Tommes Brede, som er afdeelt i lige Dele, og fastskruet til Messingstangen E. Paa denne Plade ere tvende Haarrör C og D befæstede saaledes, at de staae nogle Linier nedenfor den underste Rand af Pladen. Stangen E glider igjennem en sædvanlig Læderbösning, som er fæstet paa Recipienten FG. H er et lidet Glas med farvet Vand, eller ethvert andet Fluidum, som sættes paa Pladen af Luftpompen IK, og overdækkes med Recipienten. Man bringer nu Haarrörene ind i Glasset H, og mærker nöiagtig paa Messingpladen Höiden, til hvilken Vandet stiger i Rörene. Man tager derpaa Rörene ud af Vandet, frembringer det lufttomme Rum, og bringer Haarrörene igjen ind i Vandet, og man vil nu finde, at Vandet nöiagtig stiger til samme Höide i Rörene, som tilforn. Anvendelsen af denne de flydende Legemers Adhæsion til faste Legemer sees ved *Vera's* Pompemaskine. Fig. 4.

Plade III.

OTTENDE INSTRUMENT.

Fig. 5. Pl. 3, Fig, 5 forestiller *Vera's* hydrauliske Maskine (Funicular-Maskinen), hvoraf Fodstykket AB, med den deri befæstede Opstander CD, er af Mahogni, eller andet haardt Træ. Det Væsentlige ved denne Maskine er en ulden Snor uden Ende, EF, som gaaer om tvende Messingtridser, der staae een over den anden i samme Verticalplan. Den underste Tridse G er befæstet i Vandbeholderen I, som holdes til Fodstykket AB ved en stærk Skrue; den övre Tridse H er befæstet i Messingkassen K, som holdes ved Pladen L til den övre Deel af Opstanderen CD. Den undre Deel af Messingkassen K er gjennemboret med tvenbe Aabninger, for at give Snoren EF frit Spil. Axen af den övre Tridse H, som gaaer igjennem Messingkassen K og Opstanderen CD, er tillige Axe for en lille Tridse M bag ved Opstanderen CD. Omkring denne Tridse M og det store Hjul N gaaer en anden Snor uden Ende, hvoraf kun en Deel R sees i Tegningen. Det store Hjul N er befæstet ved sin Axe og Messingbösninger i en egen smal Træramme, som holdes fast til Opstanderen CD ved Skruerne O og P, og som ved Hjælp af disse kan löftes op eller skydes ned, naar Snoren R skulde strække sig, eller blive kortere. Paa Axen af Hjulet N er Svingelen, med Haandgrebet Æ fastskruet. S er et i begge Ender aabent Messingrör, som er loddet fast i Bunden af Messingkassen K, og gaaer langs med Opstanderen CD ind i Karret I, og er bestemt til at lede Vandet, som samler sig i K, ned i Karret I.

Man indseer efter denne korte Beskrivelse, at det store Hjul N ikke kan sættes i Bevægelse, ved Hjælp af Svingelen Æ, uden at Tridsen M tillige dreier sig rundt, og med dens Axe tillige begge Tridserne H og G, saavelsom Snoren EF, som omfatter begge Tridserne H og G.

Naar Karret I er fyldt med Vand, og Snoren EF, formedelst Omdreiningen af det store Hjul N, sættes i en hastig Bevægelse, da vil den opstigende Deel af Snoren stedse tage en Deel Vand med sig, hvilke paa hinanden följende Vanddele, formedelst deres Adhæsion til Uldsnoren, ville oplöftes indtil i Messingkassen K, og til den övre Tridse H. Naar Snoren har dreiet sig om denne Tridse, da forlader Vandet Snoren i en Mængde Smaastraaler, hvilke samles i Messingkassen K, hvorfra det da gjennem Röret S föres ind i Karret I, eller hvorhen man lyster. Ved denne Maskine er den forreste Side af Kassen K, saavelsom Karret I af Glas, for derved saameget lettere at see det, som foregaaer paa begge Steder med Vandet. Istedetfor een Snor, som her er omtalt, kan der anbringes tre eller flere Snore, og Mængden af Vand, som derved oplöftes, bliver altsaa betydelig större; ikke destomindre vilde dette dog finde Vanskeligheder ved Udförelsen i det Store, formedelst den större Kraft, som vilde udfordres for at sætte Maskinen i Bevægelse.

For at forklare Vandets Oplöftelse langs med Snoren, som endog kan finde Sted til meget betydelige Höider,*) maae man forestille sig, at Vandet hæfter sig ved de ujevne Dele af Uldsnoren og danner det förste Vandlag, til hvilket flere og flere Vanddele eller Vandringe föie sig formedelst Cohæsionen. Disse Vandringe, hvoraf et Lag hæfter sig til det andet, danne rundt om Snoren en concentrisk Vandcylinder, hvori Snoren udgjör Kjærnen, og som oplöftes formedelst den Snoren meddeelte opadstigende Bevægelse.

Denne Maskine er udfört i det Store i Nærheden af Paris, men uagtet den formedelst sin Enkelthed fortjener Opmærksomhed, vil den dog neppe blive almindelig, formedelst de forskjellige Vanskeligheder, som möde ved Brugen og Anvendelsen deraf.

---

*) Paa Observatoriet i Paris er Vand oplöftet ved denne Maskine til en Höide af 163 Fod.

Anvendelsen af Cohæsionskraften er meget udbredt, og spores ved uendelig mange Haandteringer i det daglige Liv. Saaledes er Forgyldning, Maling, Limen, Kitten, Lodning, Sveisning ikke andet end Følger af Cohæsionskraften imellem tvende Legemer, som bringes i den Tilstand, at de beröre hinanden i mangfoldige Punkter.

Erfaring lærer os, at Cohæsionen imellem tvende Legemer forstærkes ved Forögelse af Berö-ringspunkter, og svækkes ved Formindskelse eller Aftagelse af disse. Saaledes er det vist, at Sammenhængen imellem Glaspladerne (Pl. 2, Fig. 13) meget vil föröges, naar de bestryges med Vand, Olie eller Tælle, fordi Beröringen herved bliver fuldkomnere; derimod vil Sammenhængen meget formindskes, ja endog tilsidst aldeles hæves, dersom der lægges fra eet til flere Haar eller Silketraade imellem Pladerne. Sammenhængs- eller Cohæsionskraften virker altsaa ikke uden i umiddelbar Berörelse; den synes derfor forskjellig fra den tiltrækkende Kraft eller Attractionen, som virker i Frastand, og hvis Virkelove vi især erkjende i Tyngden, som siden vil blive afhandlet.

§ 8.

Den Sammenhængskraft, som bemærkes imellem ueensartede Legemer, og som egentlig er en Bestræbelse mellem to forskjellige Legemer, eller imellem nogle af deres Bestanddele, at indgaae Forbindelse med hinanden for at danne et andet Legeme, er Virkningen af den Kraft, som vi kalde *Affinitet, Beslægtning, chemisk Beslægtning.* Denne Kraft er uendelig udbredt i hele Naturen, og overalt erkjende vi Spor deraf. Især gjör Chemien os bekjendt med dens mangfoldige Virkninger, og de uforanderlige Love, som herved finde Sted, saa at Læren herom er en af de vigtigste for Naturgrandskeren. Imidlertid tillader dette Værks Natur ikke at afhandle denne Gjenstand saaledes, som den kunde udkræve det, og jeg maa henvise til de Skrifter, som herom give mere Oplysning, saameget mere, som de Redskaber og Instrumenter, der ere bestemte til slige Erfaringer og Undersögelser, formedelst Sammenhængen og Ordenen i Værket, ikke kunne beskrives förend længere hen i samme.

De Phænomener, som fremkomme formedelst den chemiske Beslægtning eller Affinitet, ere mangfoldige, og man har af den Aarsag henfört dem til forskjellige Klasser, saaledes som:

1, *Forbindelses-Beslægtning* (affinitas compositionis).

2, *Tilegnende-Beslægtning* (affinitas appropriata).

3, *Valg- eller Skilnings-Beslægtning* (affinitas electiva).

Hertil henregnes endnu sædvanlig *Sammenhængs-Beslægtningen* (affinitas aggregationis). Den kaldes ogsaa den *mechaniske Beslægtning*, som forskjellig fra den chemiske Beslægtning. Det vil sige: de mindste eensartede Dele af Legemerne holdes sammen, og udgjöre et Heelt, hvortil da ogsaa henföres den Kraft, med hvilken Delene af de flydende Legemer ere forenede, og ifölge hvilken de antage Kugle- eller Draabe-Skikkelsen, hvilket ovenfor er omtalt. Men da det Phænomen, som denne Kraft frembringer eller foraarsager, ikke fremstiller nogen Forandring i Legemernes Substants eller Natur, synes det rigtigst at adskille denne Kraft aldeles fra den chemiske Beslægtning, og derfor at tillægge den og de Phænomener, som derved fremkomme, det ovenfor anförte Navn *Cohæsion, Sammenhæng*, og under visse Omstændigheder *Adhæsion.*

Naar Forbindelsesbeslægtningen skal yttre sig eller finde Sted imellem to ueensartede Legemer, da udkræves, at et af dem i det mindste maa være i flydende Tilstand. Er et af disse Legemer ved

den sædvanlige Temperatur af Atmosphæren flydende, da siger man, at Beslægtningen yttrer sig *paa den vaade Vei.* Skal derimod Flydenheden först frembringes ved Hjælp af Ilden (Smeltning), da virker Beslægtningen, som man kalder det, *paa den törre Vei.*

Naar et flydende og et fast, eller to flydende Legemer yttre en saadan Beslægtning til hinanden, at deres Dele forlade deres forrige Forbindelser, og indgaae nye, samt derved danne andre Legemer end för, da foregaaer det som man kalder *Oplösning* (dissolutio), og ifölge det ovenfor sagte, skeer Oplösningen enten *paa den vaade* eller *den törre Vei.* Ved enhver Oplsöning kalder man i Almindelighed det flydende Legeme Oplösnings Middelet (menstruum), for at adskille det fra det faste Legeme, som oplöses (solvendum); uagtet man ikke maa glemme, at begge Legemerne virke og oplöse hinanden gjensidig. Som Exempler af Oplösninger paa den vaade Vei nævnes her: Oplösning af Marmor, Kridt eller et Metal, f. Ex. Jern, i Svovl- eller Salpetersyre. Derimod afgiver en Blanding af Kiseljord og Ludsalt, som ved at udsættes for en stærk Grad af Hede bliver til Glas, et Exempel af Oplösning paa den törre Vei.

Ved enhver virkelig Oplösning bemærker man, at de Legemer, som under Oplösningen virke paa hinanden, forandre aldeles deres Substants og Natur, og at det nye Legeme, som herved fremkommer, er aldeles forskjelligt fra ethvert af hine. Saaledes er ved ovennævnte Oplösninger de fremkomne Producter, som den svovlsure eller salpetersure Kalkjord, det svovlsure Jern, det erholdte Glas, ligesaa forskjellig fra Svovl- eller Salpetersyren og fra Ludsaltet, som fra Kalkjorden, Jernet og Kiseljorden. Endog ved den blotte tilsyneladende Sammenblanding af flere Legemer ved Hjælp af Ilden, eller paa den törre Vei, erholde de saaledes sammensatte Legemer ganske forskjellige Egenskaber fra dem, de tilforn havde. Saaledes vil Guld, Sölv og Kobber, som smeltes sammen, erholde mindre Strækkkelighed og mere Haardhed end Guldet, Sölvet eller Kobberet har hver for sig. Bly, Tin og Vismuth, som hver for sig ikke smelte uden ved en temmelig betydelig Grad af Hede, blive saa let smeltelige naar de sammenblandes i Forhold af 4 Dele Blye og Tin til 8 Dele Vismuth, at de smelte i kogende Vand. Enhver Oplösning, hvor ingen fuldkommen Forandring af de paa hinanden virkende Legemer foregaaer, saaledes som naar Sukker, Salte, Gummi o. fl. oplöses i Vand, naar et Metal smeltes, o. s. v. er egentlig ikke andet end Adskillelse imellem Legemernes mindste eensartede Dele, eller en mechanisk Sammenblanding af disse. Man bör derfor adskille disse Oplösninger fra hine, og man benævner dem derfor maaskee rigtigst ved *Lösning* (*solutio*), naar derimod hine kunde kaldes *Oplösning (dissolutio).*

Man bemærker undertiden, at tvende Stoffer, som ikke yttre nogen gjensidig Beslægtning, forbindes med hinanden ved et tredies Mellemkomst. Saaledes er saavel Svovl som Olierne uoplöselige i Vand, men i Forbindelse med Ludsalt forenes de med hinanden, og danne nu Svovllevere (svovlet Ludsalt) og Sæbe. Denne Slags Beslægtning kaldes *den tilegnende Beslægtning*, og Legemet, som forener de tvende andre (som her Ludsaltet) kaldes *tilegnende Beslægtningsmiddel.*

Ligesom tvende Stoffer, eller tvende Legemer, som ingen Beslægtning yttre til hinanden, kunne forenes med hinanden ved et tredies Mellemkomst, saaledes kunne tvende Stoffer, som ere forbundne med hinanden, eller Bestanddelene af et Legeme adskilles fra hinanden ved Tilsætningen af et tredie, som har stærkere Beslægtning til et af de med hinanden forbundne Stoffer eller Bestanddele, end disse have til hinanden indbyrdes. Den Beslægtning, som herved yttrer sig kaldes *Valgbeslægtning* eller *Skilnings-Beslægtning.*

Exempler herpaa afgive alle *Coaguleringer* (coagulatio) og *Bundfældninger* (precipitatio). Vi

ville her kuns anföre et af hvert af disse, formedelst Skilnings-Beslægtning sig fremstillende, og meget iöinefaldende Phænomener. Man gyder i en med Kalkjord vel mættet Saltsyre ligesaameget af en concentreret Oplösning af Plante-Ludsalt, og rörer Blandingen stærkt om med en lille Træpind; man vil da see, at Blandingen, som hver for sig var klar og flydende, bliver i Öieblikket til en fast hvid Substants, som benævnes *det chemiske Underværk* (miraculum chemicum). Aarsagen til dette Særsyn er Saltsyrens större Beslægtning til Ludsaltet end til Kalkjorden; den forlader derfor denne, og forbinder sig med Ludsaltet, og danner dermed kogsaltsuurt Planteludsalt (Sylvii Digestivsalt), som binder Fugtigheden af det flydende Ludsalt, imedens at den friblevne Kulsyre af Ludsaltet igjen forbinder sig med Kalkjorden, og danner dermed en deigagtig Substants.

Man oplöser to Qvintin Sölv og et Qvintin Qviksölv i saameget Salpetersyre, som dertil er nödvendig; denne Oplösning fortyndes dernæst med tre til fire Unzer destilleret Vand, og gydes i et lidet hvidt Glas, hvori i Forveien er lagt nogle Qvintin Sölvamalgama, men hvori Qviksölvet maa være i störst Mængde, saaledes at Amalgamaet er blödt, omtrent som Smör. Naar denne Blanding staaer nogen Tid stille, da seer man Sölvet bundfælde sig med metallisk Glands, og hæfte sig paa Amalgamaet, samt derfra udbrede sig i smaae glimrende Grene, som fra Stammen af et Træ. Af denne Aarsag kaldes denne Bundfældning *Sölvtræet* (arbor Dianæ).

Aarsagen til dette Phænomen er Suurstoffens större Beslægtning til Qviksölvet, end til Sölvet, den forlader derfor Sölvet, og forsyrer Qviksölvet af Amalgamaet, som derved oplöses i Salpetersyren, hvorved Sölvet, som nu ikke mere kan holdes oplöseligt i Salpetersyren, bundfældes som Metal, med sin metalliske Glands. Dette Phænomen henföres ellers rigtigere til galvanisk Virkning, hvorom i det Följende vil blive talt.

Kundskaben om Legemernes og deres Bestanddeles forskjellige Beslægtningsgrad til hinanden er af yderste Vigtighed, formedelst den store Indflydelse, som saadant har paa de fleste techniske Kunster og Haandteringer, hvorfor ogsaa adskillige Lærde have beskjæftiget sig med egne Tabeller over denne Gjenstand, som kaldes *Beslægtnings-Tabeller*.

§ 9.

Instrumenter, som tjene til at vise Legemernes Bevægelighed.

Erfaring lærer, at der ikke gives noget Legeme, som ikke kan bevæges, eller med andre Ord, at ethvert Legeme kan bringes ud af det Rum, som det indtager, og ind i et andet Rum, naar ikkuns de bevægende Kræfter, som anvendes dertil, ere tilstrækkelige. Man betragter derfor Bevægelighed som en af de almindelige Egenskaber, som tilhöre alle Legemer.

Man siger, at et Legeme bevæger sig, naar det forandrer sin Stilling imod andre Legemer, og at det hviler, naar det i nogen endelig Tid bliver paa det samme Sted. Ikke destomindre kan et Legeme være i Bevægelse uden at forandre sit Sted, naar dets Dele forandre deres Stilling; saaledes er en Cylinder eller Kugle, som dreies rundt paa sin Axe, i Bevægelse, skjöndt den ikke forandrer den Stilling, den har som Legeme imod andre.

Man indseer lettelig, at vi ikke ere istand til at kjende eller bemærke nogen anden Bevægelse eller Hvile, end den, som finder Sted med Hensyn paa Forandring af Legemernes Stilling imod hinanden, og at vi altsaa ikke ere istand til at iagttage anden Bevægelse eller Hvile end den *relative*; thi da vi ikke kunne bedömme Legemets absolute Sted, eller det Rum, som det indtager, uden Hensyn

Plade III. paa noget andet end det absolute Rum, saa kunne vi heller ikke kjende nogen absolut Bevægelse. Enhver Bevægelse forudsætter en Aarsag, som vi kalde Kraft; men det som frembringes ved Anvendelsen af en Kraft, kalde vi Virkning. Bevægelsen kan betragtes under forskjellige Synspunkter, da den kan være enten *egen* eller *fælles*, *eensformig* eller *ueensformig*, *enkelt* eller *sammensat*, *tilbagekastet* (reflecteret) og *afvigende* (refringeret).

Den *egne Bevægelse* er den, ved hvilken et Legeme forandrer sit Sted med Hensyn til alle andre Legemer, derimod er den *fælles Bevægelse* den, ved hvilken flere Legemer bevæge sig saaledes, at de blive i relativ Ro imod hinanden. Saaledes have f. Ex. Hjulene i et Uhr hvert sin egen Bevægelse, men tillige en fælles Bevægelse, naar Uhret flyttes fra et Sted til det andet.

Man kalder Bevægelsen *eensformig*, naar Legemet, som er underkastet Bevægelsen, gjennemlöber lige Rum i lige Tider; derimod *ueensformig*, naar Rummene, som gjennemlöbes i lige Tider, ere ulige. Herved kan den være *tiltagende* eller *aftagende*.

Den *enkelte Bevægelse* er den, som fremkommer ved Virkningen af en eller flere Kræfter efter samme Retning eller Direction, hvorimod Bevægelsen kaldes *sammensat*, naar tvende eller flere Kræfter virke paa samme Legeme efter forskjellige Retninger. Naar et Legeme bevæges, da gjennemgaaer det forskjellige til hinanden grændsende Dele af Rum, som kaldes Legemets Vei eller Bane.

Den lige Linie, hvilken Legemet, eller et Punkt deraf under Bevægelsen följer, kaldes dets *Retning* (Direction), eller Retningslinie (Directionslinie). Man indseer, at Veien eller Banen under Bevægelsen maa stedse være retliniet, og den engang erholdte Retning uforandret, med mindre at en anden Kraft end den förste foraarsager en anden Retning. Forandres Retningen hvert Öieblik, og paa hvert Punkt af Banen, formedelst en hvilkensomhelst anden Kraft, da bliver Banen eller Veien krumliniet.

Enhver Bevægelse efter en skjæv Retning er, eller kan ansees for at være fremkommen ved tvende Kræfter, hvoraf den ene staaer lodret paa Fladen af det Legeme, som skal bevæges, og den anden er ligelöbende eller parallel dermed. Imidlertid skeer Bevægelsens Virkning stedse ikkun efter den Linie, som staaer perpendiculair paa det Legeme, som skal bevæges, og altsaa virker ved en skjæv Direction kuns en Deel af Kraften, istedetfor at den virker heel og uoplöst ved enhver lige eller directe Retning. Man kan overbevise sig herom ved Billardet.

Fig. 6. ABCD (Pl. 3, Fig. 6) forestiller et lidet Billard; Kuglen E tænkes at stöde mod Billardbanden CD i Punktet L, hvorfra den reflecteres til Kuglen F, hvilken den træffer efter Perpendiculairlinien, eller den gjennem Centrum af Kuglen F gaaende Directionslinie, og som den derfor med en uoplöst Kraft driver efter samme Retning i Hullet eller Blusen I. Kuglen G forestilles at træffe Kuglen H i Punktet Z, altsaa efter en skjæv Retning, eller med en skjævt virkende Kraft, som oplöses i tvende, af hvilke den, som gaaer igjennem Kuglens Centrum ene er virkende, og driver den til Hullet eller Blusen K; den anden Kraft er tangential, og bidrager intet til den fremskridende Bevægelse af Kuglen H.

Til enhver Bevægelse udfordres ikke alene et Rum, men ogsaa en vis Tid, og det er ved Sammenligningen af den brugte Tid og det gjennemlöbne Rum, at man erholder Begrebet om *Hastigheden* af Bevægelsen.

Man indseer letteligen, at Massen af det bevægede Legeme, og den Hastighed, hvormed det bevæges, maae bestemme *Bevægelsens Störrelse*, eller Virkningen ved Bevægelsen; det er med andre Ord, at Bevægelsernes Störrelser maae forholde sig som Producterne af Masserne og Hastighederne,

og at altsaa Mangelen af den ene kan erstattes ved Overflödigheden af den anden, saa at en ganske liden Masse med stor Hastighed maa kunne frembringe samme Virkning, eller samme Bevægelses-Störrelse, som en stor Masse med ringe Hastighed. Af den Aarsag er man istand til at gjennemskyde et Bret med et lidet Stykke Tællelys, da man derimod ved at slaae med en Kanonkugle derimod knap frembringer en lille Fordybning deri. Plade III. Fig. 6.

Meddelelsen af Bevægelse, eller Virkningen af et bevæget Legeme paa et hvilende, hvad enten dette skeer ved *Tryk*, eller ved *Stöd*, skeer ikke i en uendelig liden Tid, eller *öieblikkeligt*, men lidt efter lidt, og altsaa *i et Tidsrum af endelig Varighed*.

Af de mangfoldige Forsög, som bekræfte denne Sandhed, anföres her ikkun följgende.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Paa Bordet AB (Pl. 3, Fig. 7) ere tvende Opstandere C og D fastskruede, hvori Krogene E og F ere fæstede. I disse Kroge ere tvende fine Menneskehaar ophængte, som bære Pibestilken G. Slaaer man nu Pibestilken itu med et raskt Slag, da findes Haarene ubeskadigede, fordi hiin allerede har været itu förend Bevægelsen har kunnet meddele sig til disse. Fig. 7.

ANDET INSTRUMENT.

Man lægge en Pibestilk oven over Randen af tvende tynde Viinglas, som staae omtrent i 10 til 12 Tommers Afstand fra hinanden, og slaae dernæst paa Pibestilken med et raskt og stærkt Slag; man vil da finde, at Pibestilken gaaer itu, uden at Glassene derved tage mindste Skade, hvortil Aarsagen er den nysnævnte.

Det er ovenfor viist, at Bevægelsens Störrelse er i sammensat Forhold af det bevægede Legemes Masse og Hastighed; da nu ingen Kraft kan anvendes for at frembringe Bevægelse eller Hvile, uden hvor der er Modstand eller Modvirkning (reactio), saa bestemmes den Forandring, som et Legeme frembringer eller lider ved at virke mod et andet, være sig fra Bevægelse til Hvile, eller omvendt fra Hvile til Bevægelse, ene ved Bevægelsens Störrelse af de tvende Kræfter, som herved virke mod hinanden i *Kraften* og *Modstanden*; og heraf följer, *at i al Bevægelse maa Virkning og Modvirkning, eller Kraften og Modstanden være hinanden modsat ulige*, saaledes, at Bevægelse eller Hvile ikkuns fremkommer ved det, hvormed Kraften overgaaer Modstanden, eller omvendt, og at et Legeme, som virker paa et andet for at frembringe Bevægelse eller Hvile, netop vinder eller taber saamegen Bevægelse, som det andet taber eller vinder.

TREDIE INSTRUMENT.

A (Pl. 3, Fig. 8) er en Tridse, over hvilken er lagt en Snor, som bærer Vægtene B og C; ere disse Vægte fuldkommen lige, da finder ingen Bevægelse Sted, fordi Virkning og Modvirkning ere her hinanden lige, og hæve derfor hinanden. Foröges derimod Vægten B med en liden Tillægsvægt D, da fremkommer Bevægelse, og Kraften, som herved virker, er alene i Forhold til Massen D, da Kraften eller Virkningen af Massen B hæves eller tilintetgjöres af Modstanden eller Modvirkningen af Massen C. Fig. 8.

Plade III.

FJERDF INSTRUMENT.

Fig. 9. A (Pl. 3, Fig. 9) forestiller Dampkuglen (Æolipila), som er en huul Kobberkugle, hvortil er fastloddet eller fastskruet et Rör B af 5 til 6 Linier i Diameter. Denne Dampkugle holdes fast imellem tvende Opstandere eller Fjedre, hvoraf den ene sees i C, og som ere befæstede paa en liden Vogn med 3 Hjul, af hvilke det forreste D bevæger sig paa en Tap til alle Sider. I Bunden af Vognen er anbragt tvende med Viinaand fyldte Lamper E og F. Den nærmere Beskrivelse af Dampkuglen i Almindelighed vil i det Följende forekomme, og forbigaaes derfor her. Dampkuglen fyldes med Vand indtil $\frac{2}{3}$ eller $\frac{3}{4}$ af sit Indhold; Röret B tilsluttes med en nöie passende Prop, hvorefter Lampen E antændes. Naar Vandet ved Heden er bleven til Damp, og disse Dampe have erholdt tilstrækkelig Udvidekraft, for at overvinde Modstanden af Proppen, udstöde de denne voldsomt, og hele Instrumentet löber derved mere eller mindre tilbage, i Forhold til Dampenes större eller mindre udvidende Kraft.

Aarsagen hertil er, at Vanddampene trykke lige stærkt mod alle Sider af Dampkuglen, og altsaa ogsaa ligesaa stærkt i modsat Retning imod Væggen af Dampkuglen, som imod den modsatte Aabning og Proppen deri, saa at derved er fuldkommen Ligevægt imellem Trykket og Modtrykket, hvorfor Vognen bliver i Hvile, indtil Dampene erholde saamegen Kraft, at de udjage Proppen; thi nu ophörer det Tryk, som holdt Ligevægt med Trykket mod de Punkter af Kuglen ligeover for Aabningen, hvorfor denne erholder Overvægten, og nöder derved Vognen at gaae tilbage. Skrues Messingpladen G paa Vognen oven over det forreste Hjul, og alting iövrigt foranstaltes som ovenfor sagt, hvorved Dampkuglen stilles saaledes, at Proppen, idet den udkastes af Röret B, maa stöde imod Pladen G, da fremkommer ingen Bevægelse, og Vognen vil hverken gaae frem eller tilbage; thi nu er den virkende Kraft saavelsom Modstanden begge i Vogneu selv.

Naar Röret B afskrues, og Röret H skrues i dets Sted paa Dampkuglen, da kan dette Redskab bruges som Smeltelampe, hvortil Lampen F bliver nödvendig.

§ 10.

Instrumenter, som tjene til at vise den sammensatte Bevægelse.

Den Bevægelse kaldes sammensat, som fremkommer ved tvende eller flere Kræfters Virkning paa et bevægeligt Legeme efter forskjellige Retninger, hvilke enten kunne være hinanden fuldkommen modsatte, eller ogsaa skraae imod hinanden, saaledes at de indeslutte en Vinkel.

Dersom tvende fuldkommen modsatte Kræfter paa eengang virke paa et Legeme, for at sætte det i Bevægelse, da maa Legemet hvile, naar de modsatte Kræfter ere hinanden fuldkommen lige, eller ogsaa bevæge sig efter den störste Krafts Retning, med en Kraft, lig Forskjellen af begge de virkende.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Fig. 10. ABCD og EFGH (Pl. 3, Fig. 10) ere tvende ligestore og parallelle qvadratiske Trærammer, som ere befæstede til hinanden ved Stiverne I, K og L paa Foden M. Ovenpaa Rammestykkerne AB og EF ere tvende Messingplader N og O befæstede, som hver bærer en lille bevægelig Messingtridse. P og Q ere tvende Messingskiver, som ere befæstede til hinanden ved en fælles Axe, hvis Ender ligge ud over begge Trærammerne, saaledes, at begge Skiverne glide derimellem.

Om Midten af Axen PQ er viklet en Silkesnor, som gaaer ud over Tridserne N og O, hvorpaa de lige tunge Lodder R og S ere hængte. Under disse Omstændigheder bliver Legemet PQ i Hvile, fordi begge de derpaa virkende Kræfter R og S ere hinanden lige; föröger man derimod Kraften af Vægten R eller S ved den lille Tillægsvægt T, da bevæges Legemet PQ til den Side, hvor den störste Vægt hænger, og altsaa efter Retningen af den störste Kraft, i Forhold til Forskjellen imellem begge de virkende Kræfter. Plade III. Fig. 10.

Naar tvende Kræfter virke paa et bevægeligt Legeme efter Retninger, som ere skraae mod hinanden, eller saaledes, at de indslutte en Vinkel, da maa Legemet bevæge sig efter Diagonallinien af det Parallellogram, hvoraf de tvende Kræfter, eller rettere sagt, deres Intensiteter og Directioner udgjöre de tvende Sider.

ANDET INSTRUMENT.

Paa det nyligen beskrevne Instrument (Pl. 3, Fig. 10) ere tvende Silkesnore udspændte efter Diagonallinierne af Qvadrat-Rammerne, fra A til D, og fra F til G; ligeledes ere tvende Silkesnore, som bære de to Lodder U og W viklede i modsat Retning om begge Enderne af Axen PQ, saaledes, at naar Legemet PQ bevæges, maa Vægten U stige, idet Vægten W synker, eller omvendt W stige, naar U synker. Man indseer lettelig, at naar Legemet PQ ligger imod BF, og Vægten W altsaa befinder sig ved F, som en af Vinklerne af Qvadratet EFGH, vil PQ ikke kunne bevæge sig efter Retningen fra F til E, uden at Vægten W derved synker; men herved virke tvende Kræfter under en ret Vinkel med hinanden paa Legemet W, saaledes, at det efter den enes Virkning skulde bevæge sig fra F til E, imedens det paa samme Tid ved den andens Virkning skulde synke fra F til H, og man vil see, at det, ved at följge Virkningen af disse to Kræfter, nöiagtigen gjennemlöber Diagonalen FG af Qvadratet FEGH.

Imedens W saaledes gjennemlöber Diagonalen fra F til G, finder det samme Sted med U i modsat Retning fra D til E, og det beskriver Diagonalen DE af Qvadratet ABCD.

TREDIE INSTRUMENT.

Paa Fodstykket AB (Pl. 3, Fig. 11) er befæstet en lodret staaende Plade CD af Mahogni-træ, paa hvilken er malet Qvadratet EFHG, samt Diagonalen EH. Paa den övre Deel af Pladen CD ere tvende med hinanden paralelle Metaltraade II og KK befæstede, saaledes, at Tridsen L kan bevæge sig derimellem ved Hjælp af tvende smaae Ruller, som ere anbragte paa Indfatningen af Axen, og som glide paa Metaltraadene II og KK. I Indfatningen eller Gaflen af Tridsen L er fastgjort en Snor ab, som gaaer over den lille Tridse eller Rulle M. Over selve Tridsen L gaaer en Snor cd, som i den ene Ende c bærer en lille Kugle eller et andet Legeme N, og som ved den anden Ende d er fastgjort til Standeren O, som bærer Metaltraadene. Bringes Tridsen L hen til O, da befinder Legemet N sig ved H. Trækker man nu i Snoren ab, som gaaer over Rullen M, da maa Tridsen L glide frem imellem Metaltraadene II og KK, og Legemet N ved denne Bevægelse erholde Indtryk af tvende lige Kræfter, som virke under en ret Vinkel mod hinanden; thi paa samme Tid som Snoren cd glider frem paa Metaltraadene efter Retningen GE, maa den forkortes netop saameget som den Deel af Metaltraadenes Længde udgjör, over hvilken den er gledet frem. Legemet N bestemmes altsaa her, ved tvende lige Kræfter, til at bevæge sig efter Retningen HF og HG, og man vil see, at Legemet, som följer begge disse Indtryk, maa bevæge sig efter Linien HE, Fig. 11.

Plade III. som er Diagonalen af det Paralellogram, som indesluttes af de tvende virkende Kræfter, nemlig den fremdrivende Kraft efter Retningen HF, og den oplöftende efter Retningen HG.

FJERDE INSTRUMENT.

Plade IV. Figur 1. DD og EE (Pl. 4, Fig. 1) forestille tvende fiirkantede Speilglasplader, som ere lagte paa hinanden. Paa den överste af disse tvende Glasskiver er indskaaret med en Diamant, eller og malet med Oliefarve de tvende paralelle Linier AC og BF, som ere afdeelte i visse, f. Ex. 12 ligestore Dele. Paa den underste af Glaspladerne ere Linierne AB og CF indskaarne eller malede af samme Længde og Inddeling som Linierne AC og BF. I A males paa samme Plade en liden sort Kreds eller Plet a, som forestiller det Legeme, der skal bevæges. Antages den överste Glasplade for det relative Rum, i hvilket Legemet bevæges, da gjöres det sandseligt, ved Hjælp af disse Plader, at det er ligegyldigt i Henseende til Bevægelsen i det relative Rum, enten man tillægger Legemet Bevægelse i en given Retning, eller man tillægger Rummet, i hvilket Legemet befinder sig, Bevægelse i modsat Retning; thi i begge Tilfælde vil Legemet a efter en vis Tid befinde sig paa det samme Sted i Rummet. Saaledes vil Legemet a efter nogen Tids Forlöb befinde sig i C, hvad enten man drager den underste Plade DD efter Retningen AC (fra A til C) eller man skyder den överste Plade EE, som forestiller det relative Rum, efter Retningen CA, indtil Punktet C kommer over A. Man kan saaledes ved disse tvende Plader forestille to forskjellige Bevægelser paa eengang i Legemet; först Bevægelsen efter AB, ved at Punktet a virkelig trækkes i Retningen AB indtil B; og dernæst tillige efter Retningen AC, ved at det överste Glas paa samme Tid bevæges fra C til A. Man kan ligeledes herved udtrykke de Hastigheder, med hvilke Legemet a i det samme Tidsrum bevæges efter AB eller AC, idet man skyder det överste Glas fra F til B, og i samme Tid trækker det underste Glas efter Retningen AB igjennem det Rum, som svarer til den Hastighed, der begjæres, f. Ex. fra B til 6, dersom Hastigheden AB kuns skal være halv saa stor som AC, og fra B til 4, dersom hiin Hastighed kun skal være Trediedelen saa stor som denne.

For öiensynligen at fremstille, at Legemet a under Bevægelsen stedse fölger Diagonalen af de virkende Kræfter, udspænder man en Silketraad paa det överste Glas, fra A til F, til G eller til H, paa hvilke Steder der er boret smaae Huller i Glasset, for deri at befæste Silketraaden, og hvorved angives Endepunkterne af Hastigheden efter Retningen AB. Man skyder nu Glasskiverne over hinanden, og man vil da see, at a vil gjennemlöbe eller fölge en af Diagonalerne AF, AG, eller AH, i Forhold til Hastigheden under Bevægelsen af den överste Glasskive. Det, som her er viist ved at skyde Glasskiverne over hinanden, vil beqvemmere sees ved Hjælp af Instrumentet Pl. 4, Fig. 2.

FEMTE INSTRUMENT.

Fig. 2. AB (Pl. 4, Fig. 2) er et Stativ af Mahognitræ, som bærer Messingböilerne CC og Rammerne DDD og EEE. I disse Rammer ligge de tvende beskrevne fiirkantede Speilglasskiver DD og EE, saaledes, et de enten kunne ligge over hinanden i DEF, eller og skydes bort under hinanden til DD og EE.

Til den Ende er hver Glasskive gjennemboret med et lidet Hul ved G, hvori en tynd Silkesnor er befæstet, som gaaer over Tridsen G, under Glasskiverne og Rammerne DD og EE, over Tridserne H og I, for at befæstes paa Skiverne K og L, som sidde fast paa Axen M, hvilket alt tydelig sees ved Fig. 3. Fig. 3. Skiven K bestaaer egentlig af tre Skiver, hvis Störrelser forholde sig imod Skiven L som

Talllene 1, 2 og 3. Denne Skive K kan skydes frem og tilbage paa Axen M og befæstes derpaa efter Behag ved en Stilskrue, saaledes at Snoren, som kommer fra Tridsen H, kan fæstes lodret paa Axen og den Skive, som man vil bruge. Plade IV. Fig. 3.

Maaden, paa hvilken Tridserne H og I ere fæstede paa en Messinglineal eller flad Stang, imellem begge Enderne af den ene Böile C, saavelsom hvorledes Axen M löber paralel med denne Stang igjennem den ene Böile og tvende dertil paa denne Böile opreiste Stænger, sees tydeligen paa Fig. 3. Lægges de ovenfor beskrevne Glasplader DD og EE over hinanden i DEF (Fig. 2), og Silkesnorene, som komme fra Glaspladerne, ere ligemeget spændte, da vil man, ved at dreie Axen M rundt ved Hjælp af Svingelen N, bevæge begge Glasskiverne efter Retningerne EOD og FPE, og man vil see, at Legemet a (Fig. 1) nöiagtigen gjennemlöber Diagonalen AF, AG eller AH, i Forhold til den Hastighed, som det överste Glas gives, hvilken bestemmes alt eftersom Snoren, der kommer fra Rullen H, befæstes paa den förste, anden eller tredie Skive K, som sidder paa Axen M. Fig. 2. Fig. 1.

SJETTE INSTRUMENT.

ABCD (Fig. 4) er et med Klæde overtrukket, og med Bander forsynet Bord, eller lidet Billard af Mahognitræ, som ved de fire Stilskruer E,E,E,E, kan stilles fuldkommen horizontalt. Paa Siderne af det ene Hjörne A ere tvende Standere FG og HI opreiste, som bære de tvende paa deres Axer bevægelige Trærammer KL og MN, i hvilke tvende bevægelige, tynde Messingstænger eller Penduler OO, som bære ligestore og lige tunge, cylinderformige Marmorhamre, P og Q, ere ophængte, saaledes at Tyngdepunktet af enhver er ligelangt fra Bevægelses- eller Ophængningspunktet. Fig. 4.

Hvorledes Messingpendulerne O bevæge sig parallel med Trærammerne KL og MN, viser Fig. 5. Buerne, som begrændse disse Rammer forneden, ere inddeelte i samme Antal ligestore Dele. Naar man stiller begge Trærammerne efter Behag under en Vinkel imod hinanden, og oplöfter Hamrene til samme eller til forskjellige Höider, for derfra at lade dem begge paa eengang falde paa Elfenbeenskuglen R, da vil man finde, at Retningen af det Stöd, som hver Hammer giver Kuglen, hvilken bestemmes ved Trærammens Stilling, saavelsom Stödets Kraft, der atter bestemmes ved den Höide, hvorfra Hammeren falder, vil formaae Kuglen R, naar begge Hamrene paa eengang træffe den, til at bevæge sig med en Hastighed, og i en Retning, som udtrykkes ved Diagonalen af det Parallellogram, som indesluttes af de virkende Kræfter, og hvis Sider forestille de Bevægelser, som vilde have fulgt af hver enkelt Hammers særskilte Stöd. Saaledes f. Ex. naar begge Rammestykkerne sættes under en ret Vinkel mod hinanden, saa at begge Hamrene beröre Kuglen R, og de nu begge oplöftes til samme Höide af Buerne, saaledes at Stödet ved Hammeren P netop meddeler Kuglen Kraft til at naae Hjörnet C, imedens den formedelst Stödet af Hammeren G gjennemlöber et ligesaastort Stykke af AB, og man paa eengang slipper begge Hamrene, da ville de begge paa eengang stöde imod Kuglen R; og da begge Kræfter, som her virke, den ene efter Længden, den anden efter Breden af Billardet, ere ganske lige, vil Kuglen slaae an imod Punktet S, som Endepunktet af CS, der antages lige med CA. Gjentager man det samme Forsög, dog saaledes, at Hammeren Q oplöftes höiere end Hammeren P, og saaledes, at den meddeler Kuglen tilstrækkelig Kraft til at naae Hjörnet B, da vil Kuglen slaae an imod Hjörnet D, og altsaa formedelst Virkningen af begge Hamrene gjennemlöbe Diagonalen AD af Parallellogrammet ABCD. Fig. 5.

Plade IV.

SYVENDE INSTRUMENT.

ABCD (Pl. 4, Fig. 6) er et med Klæde betrukket og med Bander forsynet Bord eller lidet Billard af Mahognitræ, som ved fire Stilskruer E, E, E, E, kan stilles fuldkommen horizontalt. Ved det ene Hjörne A ere anbragte tvende hule cylinderformige Bösninger eller Hylstere af Messing, F og G, i enhver af hvilke sættes en af Hamrene eller Stöderne af Elfenbeen, som sees efter forstörret Maalestok i H, I, K, L (Fig. 7) hvilke bevæges igjennem to udskaarne Huller paa Banden af Billardet, formedelst nogle Messingstænger M, som ere forbundne med hinanden efter samme Princip som ved Storkesnabelen, saaledes, at de kunne bortfjernes fra, eller nærmes til Hjörnet A, og paa eengang træffe den der henlagte Elfenbeenskugle N. Dersom denne Kugle ikkuns blev truffet af en af Hamrene F eller G alene, da vilde den bevæge sig efter Retningen AD eller AB; men nu, da den paa eengang, og med samme Kraft træffes af begge Hamrene, beskriver den Diagonalen AC af Kræfternes Parallellogram, og ankommer derfor i C.

Fig. 6.

Fig. 7.

Forandres Hamrene saaledes, at K og L bruges istedetfor H og I (Fig. 7), da træffes Kuglen N efter en skjæv Direction, altsaa med en skjævt virkende Kraft, og derfor kuns med en Deel af Kraften, nemlig den, som gaaer igjennem Kuglens Centrum. De virkende Kræfter, frembragte ved Stödet af Hamrene, maae derfor her fremstille eller indeslutte et Parallellogram, forskjelligt fra för; Kuglen vil derfor ogsaa gjennemlöbe en ganske anden Diagonallinie end för, og derfor ankomme til O eller P istedetfor til C, alt eftersom den skjævt virkende Hammer anbringes paa den ene eller anden Side.

Man bör iövrigt ikke glemme, at i hvor underholdende og lærerige de Forsög end ere, som anstilles ved alle disse Instrumenter, kunne de dog ikkun fremstille et Omtrent af de her omhandlede vigtige Phænomener, da den fuldkomne Nöiagtighed og Vished derom ikke kan erholdes uden ved Theorien, som bliver saa meget vigtigere, da Læren om de sammensatte bevægende Kræfters Forhold og Oplösning fornemmelig stötter sig paa disse Grundsætninger.

OTTENDE INSTRUMENT.

AB (Pl. 4, Fig. 8) er et Stativ af Messing, som bærer en cirkelrund Messingplade C, hvorpaa anbringes tre Tridser D, E, F, som befæstes under Pladen ved Hjælp af Skruer (Fig. 9). Over disse Tridser gaae tre Snore, som ere forbundne imellem hinanden ved en eneste Knude, og i hvis Ender hænges Lodder af forskjellig Vægt, efter Behag. Metalpladen C forestilles særskilt Fig. 10, hvorpaa er graveret Diameteren AB, som overskæres lodret af Chorden CD, saavelsom Linierne EF, EG, EH, EI o. s. v., som alle udgaae fra Overskjæringspunktet E til Peripherien. Paa ethvert Par af disse Linier ere afsatte Stykker af vilkaarlig Længde, hvilke blive Sider af Parallellogrammer, hvis Diagonaler alle falde efter Linien AB. Saaledes ere ER og EQ tvende Sider i et Parallellogram og EO den dertil hörende Diagonal; ES og ET tvende Sider af et andet Parallellogram og EP Diagonalen dertil o. s. v.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Man anbringe to af Tridserne ved Enderne af tvende af hine fra E udlöbende Linier f. Ex. i Punkterne F og G, og hænge derved tvende Lodder, der forholde sig til hinanden i Vægt som Siderne EQ og ER forholde sig til hinanden i Længden. Man lægge de tre Snores Foreningsknude over Punktet E, anbringe ved A den tredie Tridse, og hænge derover en Vægt, der forholder sig til en af Sidevægtene f. Ex. F, saaledes som Parallellogrammets Diagonal EO forholder sig til den Side EQ, som svarer til hiin Vægt. Den ene Vægt A vil nu modstaae begge Vægtene i F og G,

saaledes, at Knuden bliver ubevægelig over Punktet E; thi da Vægten ved F forholder sig til Vægten ved G, som EQ til ER, saa vil Vægten ved F være istand til at före et Legeme fra E til Q i samme Tid, som Vægten ved G formaaer at före det samme Legeme fra E til R. Da begge Kræfter (Vægtlodderne ved F og G) virke paa samme Tid, saa kan Bevægelsen ikke foregaae efter nogen af Retningerne EQ eller ER særskilt, men Legemet maa följge Mellemkraften, og gjennemlöbe Diagonalen EO i samme Tid, som det formedelst de enkelte Kræfter skulde have gjennemlöbet Siderne EQ eller ER; men denne samme Bevægelse igjennem Diagonalen EO maatte ogsaa kunne tilveiebringes ved en eneste Vægt, der anbragtes ved B, og forholdt sig til Vægten ved F, saaledes som Diagonalen EO til Siden EQ. Det er derfor indlysende, at Virkningen af den sidstnævnte Kraft ved B vilde aldeles ophæves, naar en Kraft af samme Störrelse anbragtes i den modsatte Retning, det er, ved A. Plade IV. Fig. 10.

Da saaledes Kraften ved A vilde holde Ligevægt med den Kraft, som tænkes anbragt ved B, og denne sidste formaaer netop det samme som begge Kræfterne ved F og G tilsammentagne, saa er det aabenbart, at Kraften ved A ligeledes maa hæve begge Kræfterne ved F og G tilsammentagne, og at Knuden ved E derfor vil blive i Hvile, naar Vægten ved A forholder sig til Vægten ved F saaledes som EO til EQ, og til Vægten ved G som EO til ER.

§ 11.

Instrumenter til at vise Lovene, som finde Sted ved Bevægelsen, fremkommen ved Stöd.

Naar et Legeme, som er i Bevægelse, möder et andet Legeme, eller med andre Ord, stöder derimod, da frembringer det förste formedelst Stödet Bevægelse i det sidste, dersom dette er bevægeligt, hvorved tillige foregaaer Forandringer i det förstes Bevægelse, ifölge de Omstændigheder, under hvilke Stödet skeer.

I Almindelighed kan Stödet finde Sted imellem haarde, blöde og elastiske Legemer.

Lovene for Stödet imellem fuldkommen haarde og fuldkommen blöde Legemer ere de samme i Henseende til Bevægelsen, som fremkommer efter Stödet; af den Aarsag omhandles her kun Stödet imellem et Slags af dem, og da vi ei kjende noget Legeme, som er haardt uden at være elastisk, fremstilles de Phænomener, som derved finde Sted, bedst ved blöde Legemer. Uagtet haarde og blöde Legemer ere underkastede de samme Love efter Stödet, er det dog vigtigt at bemærke, at Indtrykket af Stödet er forskjelligt imellem disse tvende Slags Legemer, da de blöde Legemer tabe ved Stödet deres Figur.

Heraf följger, at Meddelelsen af Bevægelsen, som er öieblikkelig imellem haarde Legemer, ikkuns kan være successiv imellem blöde. Stödet og de Love, som finde Sted ved Bevægelsen efter Stödet, omhandles her först imellem blöde, og dernæst imellem elastiske Legemer, og fremstilles i begge Tilfælde lettest ved den saakaldte *Mariottiske* Maskine, efter dens Opfinder *Mariotte*.

INSTRUMENT.

AB (Pl. 4, Fig. 11) er en Stander af Mahognitræ, som hviler paa en tregrenet Fod C af samme Slags Træ, hvilken stilles fuldkommen horizontalt ved Hjælp af de tre Skruer D, D, D. Ved den överste Deel af denne Stander er, perpendiculair paa dens Flade, anbragt en Messingstang E, Fig. 11.

Plade IV. Fig. 12. som er fastgjort ved en Skrue til Standeren AB (see Fig. 12) og som bærer to andre mindre Messingstykker, af hvilke ethvert er forsynet med tvende Kroge. Fra Krogene paa det yderste Messingstykke gaae tvende Silkesnore ned igjennem Krogene paa Kuglerne F og G (Fig. 11), derfra atter op igjennem Krogene paa det inderste Messingstykke, og endelig ned til Skruerne H og I, ved hvilke de ere fastgjorte, og ved hvis Omdreining de efter Behag kunne forlænges eller forkortes. Omtrent paa Midten af Stangen AB er ved en stærk Skrue fastgjort et bueformigt Træstykke KL, som fra Midten af og til begge Sider er inddeelt i et vist Antal ligestore Grader, og paa hvilket tvende bevægelige Skruer bære Messingstængerne M og N, som tjene til at bevirke Nöiagtigheden af Kuglernes eenstidige Fald. Foruden disse tvende Messingstænger, sees Messingböilen S, som glider paa Buen KL og kan befæstes ved en Skrue paa ethvert Sted deraf efter Behag; den tjener til at angive den Höide, til hvilken begge Kuglerne, eller en af dem stiger efter Stödet.

Instrumentets anden Side forestilles Fig. 12. Det horizontale Træstykke OP, som ved en stærk Skrue er befæstet til Standeren AB, bærer ved et Trækors et andet med OP parallelt Stykke QR. Paa dette sidste ere 7 Skruer, og paa PO 7 Kroge anbragte; fra disse Kroge gaae Silkesnore ned igjennem Krogene paa 7 Kugler, og derfra op til Skruerne paa QR, ved hvilke Skruers Omdreining Snorene efter Behag forlænges eller forkortes, indtil at Midtpunkterne af Kuglerne ere stillede i samme Plan og samme Linie.

Lovene, som finde Sted ved Sammenstödet af fuldkommen blöde, eller fuldkommen haarde Legemer, vises bedst ved tvende fugtige Leerkugler, eller Kugler, som bestaae af Vox blandet med $\frac{1}{4}$ Fidt, der ophænges som Kuglerne F og G (Fig. 11).

Lader man nu Kuglen G hænge ligefor Nulpunktet af den inddeelte Bue KL og oplöfter Kuglen F til en bestemt Grad, hvilket beqvemmest skeer ved at lægge den imod Messingstokken M, hvorfra man ved en let Bevægelse med Stangen lader Kuglen falde, da vil Kuglen F i sit Fald træffe den hvilende Kugle G, og meddele denne et Stöd, formedelst hvilket de nu begge ville bevæge sig efter samme Retning, og med en Hastighed, som er lig den stödende Kugles Bevægelses Störrelse divideret med Summen af Masserne.

Oplöfter man Kuglerne til forskjellige Höider paa samme Side af Nulpunktet, da erholde de i Faldet forskjellige Hastigheder, men efter samme Retning. Den höist oplöftede maa derfor naae den anden i Faldet, og efter Stödet ville de begge bevæge sig efter samme Retning, med en Hastighed, som er lig Summen af Bevægelsernes Störrelse, divideret med Summen af Masserne.

Oplöfter man Kuglerne til ligestore Höider, men til forskjellige Sider af Nulpunktet, da vil deres modsatte Hastigheder være ligestore, og forudsat, at deres Masser ere lige, altsaa deres Bevægelses Störrelser ogsaa lige, da ville deres modsatte Bevægelser ophæve hinanden, og begge Kuglerne ville derfor hvile efter Stödet.

Oplöfter man Kuglerne til forskjellige Höider og til modsatte Sider, da ville de efter Stödet bevæge sig efter Retningen af den stærkest virkende, med en Hastighed, som er lig Forskjellen mellem Bevægelsernes Störrelse divideret med Summen af Masserne.

Det er ovenfor viist ved Forsög, at elastiske Legemer tabe deres Figur under Stödet, og heri ligne de de blöde Legemer, og maae derfor være de samme Love underkastede i Henseende til Meddelelsen af Bevægelse, som disse; men da de elastiske Legemer udvide sig efter Stödet og igjen tage deres forrige Skikkelse, maa det stödende tabe ligesaa meget af sin Bevægelses Störrelse

under Stödet, som det stödte i samme Tidspunkt maa vinde. Bevægelsen fordoples saaledes hos det stödte Legeme, da derimod Tabet af Bevægelse ligeledes bliver doppelt i det stödende Legeme, og saaledes fremkomme andre Love ved Stödet imellem elastiske Legemer, end imellem blöde eller haarde Legemer. For at vise Stödets Virkning paa elastiske Legemer ved Hjælp af den mariottiske Maskine, betjener man sig bedst af Elfenbeenskugler. Naar tvende saadanne ligestore Kugler F og G ere ophængte i deres Silkesnore (Fig. 11), oplöfte man den ene Kugle, og lade den falde mod den anden, som er i Hvile; den stödende vil da efter Stödet blive i Hvile, og den stödte vil bevæge sig i den stödendes Retning, og det med sammes hele Hastighed. Naar begge Kuglerne bevæge sig i samme Retning, men med forskjellige Hastigheder, da vil den som har den störste Hastighed, ved at være falden fra en större Höide, naae den anden i Faldet, og de ombytte nu efter Stödet deres Hastigheder. Naar begge Kugler bevæge sig med lige Hastigheder, men i modsat Retning, forlade de hinanden efter Stödet med samme Hastigheder, hvormed de stödte sammen. Naar begge Kuglerne bevæge sig i modsat Retning mod hinanden, men med ulige Hastigheder, da forlade de hinanden efter Stödet med vexelsidig ombyttede Hastigheder

Plade IV. Fig. 11.

Dersom man ved alle de ovenanförte Forsög med den mariottiske Maskine betjener sig af en Kugle, være sig af fugtigt Leer eller Elfenbeen, som kuns har halv saa megen Masse som en af de andre, da vil man see, at de samme Love finde Sted ved Stödet imellem Legemer af forskjellige som af lige Masse, naar herved tages Hensyn paa de derved fremkomne forskjellige Bevægelses-Störrelser.

For at vise Stödets Virkning, naar det forplantes igjennem flere mellemliggende elastiske Legemer, bruger man Instrumentets anden Side (Fig. 12), hvor syv ligestore Elfenbeenskugler ere ophængte jevnsides, som ovenfor er sagt, saaledes at de nöiagtigen beröre hinanden. Ved ethvert Stöd, som her anbringes, kan hver mellemliggende Kugle betragtes som i eet Öieblik stödt og stödende; den meddeler nemlig i et Öieblik den nærmeste Kugle paa den ene Side det Stöd, som den modtog af den nærmeste Kugle paa den anden Side, hvorved altsaa enhver af Kuglerne formedelst sin Elasticitet maa sammentrykkes og igjen udvides. Som Fölge heraf vil det sees, at naar den yderste Kugle paa den ene Side oplöftes og falder paa den nærmeste, da vil den sidste eller yderste Kugle paa den anden Side bevæge sig med den förstes Retning og Hastighed; men alle mellemliggende blive tilsyneladende i Hvile. Naar de to yderste paa den ene Side stöde imod de övrige, ville og de to yderste paa den anden Side efter Stödet forlade de övrige med samme Hastighed, som den de tvende förste havde, men de mellemliggende forblive i Hvile. Naar tre Kugler oflöftes og stöde mod de övrige, ville de tre yderste vise samme Virkning. Naar endelig fire Kugler sættes i Bevægelse, da vil den mellemste Kugle afvexlende fölge de tre Kugler, som for Öieblikket ere i Bevægelse.

Fig. 12.

Hvad den ved alle Forsögene med den mariottiske Maskine omtalte Bevægelses-Hastighed angaaer, da erindre man:

1) at denne bestemmes paa det nærmeste ved de Buer, gjennem hvilke man lader Kuglerne falde, og som angives paa Maskinen, da Hastighederne forholde sig som Chorderne af de gjennemlöbne Buer;

2) at naar den Hastighed, som ved Forsöget viser sig, ikke svarer aldeles til det, den efter de anförte Love skulde være, da maa dette tilregnes deels Luftens Modstand, deels Frictionen i Ophængningspunktet.

Plade IV.

§ 12.

Instrumenter, som vise Lovene ved den reflecterte eller tilbagekastede Bevægelse.

Naar et elastisk Legeme stöder imod et ubevægeligt og haardt Legeme, eller omvendt et haardt Legeme imod et ubevægeligt, elastisk Legeme, da reflecteres eller tilbagekastes det, saaledes, at Reflectionsvinklen netop er lig Indfaldsvinklen. Heraf följer, at naar Stödet skeer efter den perpendiculaire Linie, da maa Legemet tilbagekastes efter denne samme perpendiculaire Linie, og altsaa gjöre to rette Vinkler med Planen, hvorimod det stöder. Skeer Stödet derimod efter en skjæv Retning, da blive Indfalds- og Tilbagekastningsvinklerne begge spidse, men stedse fuldkommen ligestore, hvilket följende Instrument öiensynligen fremstiller.

INSTRUMENT.

Fig. 13. AB (Pl. 4, Fig. 13) er en plansleben og poleret Marmorplade, som er befæstet ved Hængseler i B til Brettet CD, saaledes, at den kan oplöftes efter Behag og befæstes paa ethvert Punkt af Buen I, formedelst Skruen K. Paa en af de smalle Sider af Brettet CD, som ved de tre Skruer L, L, L, kan stilles fuldkommen horizontalt, er opreist en lodret Stander E, som bærer det horizontale Træstykke FH, ved Hjælp af Tværstykket G. FH er gjennemboret ved H, saaledes at en lille Elfenbeenskugle af 6 til 8 Linier i Diameter magelig kan gaae derigjennem. Under Aabningen ved H er en liden Messingplade befæstet, som bevæger sig om en Stift, saaledes at den kan lukke Aabningen, og altsaa efter Behag lade Kuglen falde derigjennem, eller hindre den derfra. Neden til paa Standeren E er en liden Kasse MN, som ved Skruen O kan fastgjöres paa ethvert Sted af Standeren E og som er gjennemskaaret efter dens hele Brede i N, i en Höide af omtrent 8 til 10 Linier.

Naar man stiller Marmorpladen AB under en hvilkensomhelst Vinkel med Horizonten, og lader en Elfenbeenskugle falde igjennem Aabningen H ned paa den, da vil Kuglen falde efter Perpendiculairen HP og beröre Marmorpladen i Punktet P, hvorfra den tilbagekastes eller reflecteres efter Linien PN og altsaa falder igjennem Aabningen N ind i Kassen MN, dersom denne i Forveien er behörigen stillet. Maaler man Vinklerne HPN og QPH, da vil man finde, at de ere nöiagtigen ligestore.

Naar Marmorpladen AB reises eller sænkes under en anden Vinkel efter Behag, og man igjentager det samme Forsög, uden i Forveien at stille Kassen MN derefter, da vil Kuglen ikke falde ind i Kassen, og saaledes viser dette Instrument det, som Erfaring lærer ved Bold- og Billard-Spillet, og som Mathematikken fuldkommen stadfæster, at ved Stödet af haarde Legemer imod ubevægelige elastiske, eller af elastiske imod ubevægelige haarde Legemer, er Reflections- og Indfaldsvinklen stedse fuldkommen ligestore.

§ 13.

Instrumenter, som vise Hindringerne for Vedblivelsen af Bevægelsen.

Der gives ingen Aarsag, hvorfor ethvert Legeme, som er i Bevægelse, ikke skulde vedblive stedse at bevæge sig med den erholdte Hastighed og i den erholdte Retning, naar ikke Kræfter udenfor Legemet virkede derpaa; ikke destomindre lærer Erfaring, at ethvert Legeme, sat i Bevægelse ved en hvilkensomhelst Kraft, taber mere eller mindre hastigt den erholdte Bevægelse, saaledes, at det

efter nogen Tid er aldeles i Hvile, og hertil maa Aarsagen söges, saavel i Modstanden af Midlet, hvori Legemerne bevæge sig, som i Gnidningen (Frictionen), som Legemerne lide ved at bevæge sig, hvilke fornemmeligen udgjöre Hindringerne for Bevægelsen. Plade V.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 5, Fig. 1) er en lakeret Blikkasse, som er deelt efter Længden i to ligestore Rum ved en Mellemvæg CD. Paa Midten af Kassens lange Sider ere befæstede Standerne E, F, G, som bære en Tværstok, over hvilken tvende lige lange Messingstænger H og I kunne bevæge sig som Penduler. Ethvert af disse Penduler ender sig med en Messingskive, begge nöiagtigen af samme Störrelse. Ved K er anbragt en elastisk Fjeder med et Par Kroge, som tjene til at holde, og paa eengang at slippe begge Pendulerne I og H. Fig. 1.

Naar begge Rummene i Kassen ere tomme, lader man begge Pendulerne paa eengang falde, og da ville begge igjennem Luften bevæge sig lige hurtigt og lige længe. Fylder man derimod det ene Rum med Vand, imedens det andet intet indeholder uden Luft, eller fylder man det ene Rum med Vand, og det andet med Melk, Olie eller deslige, da vil man iagttage en mærkelig Forskjel paa Vedvarenheden af Pendulernes Bevægelse, hvilken bestemmes ved Tætheden af det Middel, hvori Pendulet svinger, da den större eller mindre Tæthed af Middelet mere eller mindre föröger Modstanden for Bevægelsen.

Ligesom den större eller mindre Tæthed af Middelet, hvori et Legeme bevæger sig, föröger Modstanden for Bevægelsen, saaledes föröges denne ogsaa i Forhold til Figuren af Legemet, saa at det, som byder mest Overflade imod Middelet, ogsaa finder mest Modstand deri.

Man kan overbevise sig derom ved det sidst beskrevne Instrument Pl. 5, Fig. 1. Til den Ende stiller man en af Messingskiverne paa den ene af Pendulerne f. Ex. I, saaledes, at den byder den skarpe Kant imod Middelet, medens den anden Skive paa Pendulet H byder Fladen derimod. Man slipper nu begge Pendulerne paa eengang, og man vil nu snart see, naar nemlig begge Rummene i Kassen indeholde det samme Middel, at uagtet den svingende Hastighed af Pendulerne er den samme i det förste Öieblik, vil Pendulet H sagtnes, og snart tabe sin hele Bevægelse, imedens at Pendulet I endnu vedbliver en rum Tid at bevæge sig, og saaledes sees herved, at Modstanden for Bevægelsen i Middelet föröges i Forhold til Overfladen, som Legemet frembyder.

ANDET INSTRUMENT.

Paa et langagtigt firkantet Bret AB (Pl. 5, Fig. 2) ere tvende lige höie Standere C og D opreiste. Fra disse gaae til den imellem dem værende tredie Stander EF tvende i deres Bösninger letbevægelige Axer, hvilke bære de tvende smaae Möllevinger G og H, som ere ligestore og af lige tungt Træ; men saaledes stillede eller fastgjorte i deres Nave, at den ene G bevæger sig efter Fladen, den anden H efter den skarpe Kant af Vingestykkerne. I er en Messingfjeder, hvilken man ved en liden Knap eller et Haandgreb kan skyde op og ned paa Standeren EF og spænde ved Hjælp af en lille Messingkrog K, der er befæstet paa Standeren. Paa hver af Möllevingernes Axer befinder sig en liden Stang, som hviler imod Messingfjederen I, naar denne er spændt. Fig. 2.

Man skyder först Messingfjederen I saa höit op, at den holdes af Krogen K, og at de to Stænger paa Axerne hvile derimod; naar man derpaa drager Fjederen ned igjen, da vil dens Elasticitet sætte begge Möllevingerne G og H i Bevægelse, af hvilke G vil finde langt betydeligere

Plade V. Modstand af Luften end H, og derfor ophöre at bevæge sig længe för denne, og saaledes viser ogsaa dette Instrument, at Modstanden for Bevægelsen i Middelet er afhængig af Legemets Figur.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 3. Fig. 4. Paa Fodstykket AB (Pl. 5, Fig. 3) staae tvende lige höie Messingstandere CD og EF, og midt imellem disse en tredie firkantet Stander G (Fig. 3 og 4) paa hvilken glider en nöie dertil sluttende Messingcylinder H. Til Overdelen af denne ere tvende ligestore og med hinanden parallele Messingstænger I og K befæstede, som begge paa Forsiden ere indskaarne med lige mange Fordybninger eller Tænder. Disse Messingstænger forbindes med hinanden ved Tværstykket L, og höiere oppe ved Pladen M, i hvilken Krogen N er fastgjort. Fra sidstnævnte Plade gaaer endnu en Messingstang OP (Fig. 4), som er bevægelig omkring en Stift i Tværstykket L, og som nedentil er forsynet med et Indsnit, hvorved den stöttes mod den överste Flade af Standeren G. Endelig gaae fra Standerne CD og EF til Standeren G tvende bevægelige Axer, som paa deres inderste Ender ere forsynede med tvende ligestore og eensdannede, i de ovenomtalte Indsnit eller Fordybninger passende Drev Q og R, og som bære Möllevingerne S og T, hvilke ere stillede saaledes, at S bevæger sig efter Fladen, og T derimod efter den skarpe Kant.

Ved Krogen N trækker man saavel Messingstængerne I og K, som Cylinderen H saa höit op, som man kan, saaledes at Indsnittet af Messingstangen OP (Fig. 4) hviler ved P mod den överste Kant af Standeren G, hvorved Cylinderen med Messingstængerne hindres fra at glide ned. Tager man nu omtalte Indsnit ud igjen, ved at trykke paa Pladen M ved U, da vil Cylinderen H synke, og bevirke at Messingstykkerne I og K glide ned, hvorved de, under denne Nedgliden, med deres indskaarne Fordybninger gribe ind i Drevene Q og R, og derved sætte Axerne og Möllevingerne i lige hastig Bevægelse. Naar Cylinderen er heelt nedgledet, bevæge Drevene Q og R sig frit i tvende dertil paa Messingstykkerne I og K anbragte större Fordybninger, hvoraf W, Fig. 4, viser den ene.

Endskjöndt begge Möllevingerne S og T saaledes have erholdt en lige hurtig Bevægelse, saa vil dog, ligesom ved forrige Instrument, Vingen S, som bevæger sig med Fladen imod Luften, meget hastigere standses formedelst Luftens Modstand, end T, som bevæger sig efter den skarpe Kant.

Det samme Forsög anstilles i lufttomt Rum; til den Ende bringe man Instrumentet paa Luftpompen under en sædvanlig Glasklokke, forsynet med Læderbösning og Stang, som glider deri. Man löfte, ved Hjælp af Stangen, som ender sig i en Krog, Cylinderen H med tilhörende Messingstænger i Veiret, saaledes, som ovenfor er sagt, frembringe nu det lufttomme Rum saameget som mueligt, trykke derpaa med Stangen, efterat den er udtaget af Krogen N, mod Pladen M ved U; Cylinderen med Messingstængerne I og K ville da glide ned, og derved sætte begge Möllevingerne i Bevægelse, og man vil see, at begge ville bevæge sig lige længe, og meget længere end Möllevingen T i Luften. Saaledes viser dette Instrument saavel Modstanden, som Middelet selv foraarsager for Bevægelsen, som Modstanden i Middelet formedelst Overfladen eller Figuren af Legemet, hvilke Hindringer begge bortfalde, naar Bevægelsen finder Sted udenfor noget os bekjendt Middel, eller i det tomme Rum.

§ 14.

Intet Legeme er fuldkommen glat eller jevnt, og i disse Ujevnheder maa Aarsagen söges til den Hindring for Bevægelse, som finder Sted, naar Legemer glide eller bevæge sig paa hinanden. Jo

flere og större disse Ujevnheder ere, desto större maa ogsaa Gnidningen være, og desto större maa ogsaa Hindringen for Bevægelsen derved blive, og omvendt. Plade V.

I Almindelighed antager man Gnidningen eller Frictionen at være af to Slags, nemlig den, som finder Sted, naar Legemer glide med deres Overflader over hinanden, og den, som finder Sted, naar Legemer rulle eller vælte sig om paa hinanden. Begge disse Slags sees ved följende Instrument.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 5, Fig. 5 og 6) er et fuldkommen plant og glat Bret. Paa Kanten af dette Bret er en krum Messingstang C befæstet, som ender sig med en liden Bösning D. E er en lille Tridse, som er bevægelig om sin Axe, og hvis Gaffel staaer paa en firkantet Messingstang, som efter Behag kan föres op og ned, og ved en Skrue befæstes i D. Over Tridsen E gaaer en Silkesnor, hvis ene Ende bærer en Vægtskaal F, og hvis anden Ende kan fastgjöres ved en Krog, enten til det andet Bret GH, eller til Klodsen I (Fig. 7). Man binder Snoren til den omtalte Krog i Brettet GH, og lægger det saaledes paa Brettet AB, at begge beröre hinanden paa de bredeste Flader, (Fig. 6). Ved Hjælp af Skruen D flytter man Tridsen E saalænge op eller ned, indtil Snoren fra Krogen til Tridsen ligger fuldkommen parallel med Brettet AB. Man lægger derpaa efterhaanden Vægte i Skaalen F, og da er den störste Vægt, som Skaalen kan bære, uden at sætte Brettet GH i Bevægelse, Maalet for Frictionen af förste Slags imellem Bretterne AB og GH. Gjentager man det samme Forsög saaledes, at imellem begge Bretterne AB og GH lægges tvende bevægelige cylinderformige Stokke (Fig. 5), da vil nu en betydelig mindre Vægt behöves i Vægtskaalen F end för, for at sætte Brettet GH i Bevægelse. Forskjellen imellem de ved dette og det foregaaende Forsög brugte Vægte angiver Forskjellen imellem Frictionen af förste og andet Slags i dette Tilfælde. Dersom Brettet GH betynges med betydelig Vægt af en Marmor- eller Metalplade I (Fig. 5), vil det ikke destomindre sættes i Bevægelse ved langt mindre Vægt end i förste Tilfælde. Aarsagen, hvorfor Frictionen af andet Slags er saa betydelig ringere end af förste Slags, er ikke blot fordi Beröringspunkterne ere saameget færre, men isærdeleshed fordi de berörende Dele ved denne Bevægelse löftes næsten lodret fra hinanden. Önsker man at erfare, hvorvidt Frictionen föröges i Forhold til Overfladernes Störrelse af de Legemer, som gnide imod hinanden, saa lægge man Klodsen I (Fig. 7) paa Enden af AB, saaledes, at den hviler paa dens smale Side, og befæste Vægtskaalen F over Tridsen E i Krogen, saaledes, at Silkesnoren er fuldkommen parallel med Brettet AB. Man lægge derpaa Vægt i Vægtskaalen, indtil den er i Stand til at sætte Klodsen I i Bevægelse. Efter dette förste Forsög bringe man Klodsen I igjen paa Enden af Brettet AB, men saaledes, at den hviler med sin brede Side paa Brettet; man forfare dernæst ligesom forhen, og lægge Vægte i Vægtskaalen, indtil Klodsen I igjen sættes i Bevægelse, og man vil see, at den samme Vægt som satte Klodsen i Bevægelse, da den laae paa den smale Side, ogsaa nu er tilstrækkelig til at sætte den i Bevægelse, skjöndt den gnider mod Brettet AB med en langt större Overflade end för; og saaledes synes det, at Frictionen ikke betydeligen föröges ved Overfladens Störrelse. Fig. 5 og 6. Fig. 7.

For nogenledes at bestemme Frictionens Störrelse, og de Love, som under forskjellige Omstændigheder derved finde Sted, har *Desaguilliers* angivet et eget Instrument, som sees Pl. 5, Figur 8.

ANDET INSTRUMENT.

Plade V. Fig. 8

Paa et lidet Bord AB (Fig. 8) er fastskruet en Messingplade CD, som bærer den störste Deel af Maskinen. Paa Enderne af denne Messingplade hæver sig tvende doppelte Standere af Messing, E,F og G,H. Imellem enhver af disse indsættes to Messinghjul I og K, L og M, som bevæge sig i deres Bösninger paa meget fine og velgjorte Staalspidser, saaledes, at hvert Par deraf, I og K, L og M, staae ganske tæt til hinanden, og deres Peripherier, som skære hinanden, næsten naae vexelsidig til hinandens Axer. I de överste Ender af begge de ydre Standere F og H ere borede Skruegange, i hvilke udenfra indsættes tvende Skruer N, N, hvis indvendige Ender ere hule, for at modtage Enderne af Staalaxen, som bærer Messinghjulet O, hvilket er meget större og sværere end noget af de ovennævnte. Naar Skruerne N,N ved F og ved H skrues saa langt ud, at Axen af Hjulet O ikke kan naae disse, da hviler Axen paa Overskæringspunkterne af Hjulene I, K, L og M. En Spiralfjeder P, som snoer sig om sig selv og om Axen af Hjulet O, er befæstet med dens ene Ende ved Hjælp af en liden Messingbösning og en Stilskrue til denne Axe, og med dens anden Ende ved en Skrue til den indre Side af Standeren G; den er bestemt til at sætte Hjulet O i en svingende eller vibrerende Bevægelse, ved det den, efter at have været spændt, og igjen er overladt til sig selv, snoer sig frem og tilbage. Imellem Hjulet O og Standeren EF er til Fodstykket CD fastgjort en Stander Q, hvis Flade staaer lodret paa Kanten af Hjulene L og M, og paa hvis överste Deel ere anbragte tvende ligestore, ved Hængsler bevægelige, firkantede Messingstokke R og S, hvilke efter Behag kunne, enten begge eller kuns een af dem, lægges paa Axen af Hjulet O, eller tages derfra, saaledes som de punkterede Linier R og S udvise. Stængerne R og S kunne desuden enten begge paa eengang lægges over Axen af Hjulet O, eller og saaledes, at, uagtet kuns den ene berörer Axen, begges samlede Vægt ikke destomindre trykker paa Axen, formedelst en Skrue U, som gaaer igjennem den ene af disse Messingstokke og bærer den anden, hvilket ligeledes sees ved de punkterede Linier R og S. Paa Enden af hver af disse Stokke er desuden anbragt en Krog til at hænge Vægte paa. Endelig er til selve Bordet AB, ligefor det store Hjul O, fastgjort en Stander T, paa hvis överste Ende er anbragt en bevægelig Hage, som sættes paa en af Egerne paa Hjulet O, og derved hindrer dette fra at sættes i Bevægelse af den spændte Fjeder, förend man önsker det.

Man skruer först Skruerne N,N ved F og ved H saa langt ind, at Axen af Hjulet O hviler i disse Skruers indvendige Huulheder; herved bliver da Frictionen glidende, fordi hele Overfladen af Axens Ender nu berörer den hele indvendige Huulhed i Skruerne. Man spænder Fjederen P til en vis Grad, f. Ex. ved at dreie Hjulet to Gange rundt, og hefter Hagen paa en af Egerne i det store Hjul O. Trækker man derpaa Hagen tilbage, da vil, som ovenfor er sagt, Hjulet O komme i en svingende Bevægelse, og man tæller nu Antallet af Svingningerne, indtil Hjulet kommer fuldkommen i Ro igjen. For at kunne spænde Fjederen flere Gange til samme Grad, betegner man med et lidet Mærke en af Egerne paa Hjulet O; man dreier nu Hjulet om, hvorved Fjederen spændes, og tæller derved hvormange af Egerne der gaae forbi Hagen T, forinden man hager den i Hjulet.

Man gjentager derpaa det förste Forsög med den Forandring, at man skyder Skruerne ved F og H saa langt ud, at Axen af Hjulet O hviler paa Overskjæringspunkterne af de mindre Hjul L, M, I og K, hvorved Frictionen bliver rullende, og man vil nu, efterat have spændt Fjederen ligesaa stærkt som för, bemærke et langt större Antal Svingninger af Hjulet O, end forhen. Saaledes viser da dette Instrument, at Frictionen af förste Slags, eller den, som er glidende, frembringer langt större Hindring for Bevægelsen, end Frictionen af anden Slags, eller den som er rullende.

Dersom man ved hvilketsomhelst af disse tvende Forsög lader först begge de ovennævnte Messingstokke R og S hvile paa Axen af Hjulet O, og siden kun een af dem, som bærer den anden formedelst Skruen U, da vil Forskjellen i Antallet af de derved foraarsagede Svingninger ikke være meget betydelig, og saaledes synes disse Forsög at vise, at Frictionen ikke kan antages at staae i Forhold til Overfladerne af de Legemer, som bevæges paa hinanden. Naar Instrumentet er stillet til den glidende Friction, og Axen altsaa hviler i Bösningerne N,N, hænger man en liden Vægt paa den ene Messingstok f. Ex. R og lader denne hvile paa Axen af Hjulet O. Man spænder derpaa Fjederen P til en vis Grad, og tæller nöiagtig Svingningerne, som fremkomme, naar Fjederen löslades. Man lader dernæst R, som overfor, hvile paa Axen, og lægger desuden den anden Messingstok S, behængt med en ligesaastor Vægt som R, paa Axen; ved denne sidste Tilvæxt er den trykkende Vægt bleven fordopplet. Tæller man nu de Svingninger, som Hjulet O gjör, efterat Fjederen P, som har været spændt til samme Grad som ovenfor, er lösladt, da vil man finde, at Svingningerne ved dette sidste Forsög ere næsten en Trediedeel færre end i det förste. Herved synes man berettiget til at antage Frictionen liig en Trediedeel af Trykket, hvilket ogsaa i Almindelighed antages ved Constructionen og Brugen af Maskiner. Plade V. Fig. 8.

TREDIE INSTRUMENT.

En Frictionsmaskine eller et Tribometer, som afviger deri fra det nys beskrevne, at Axen hviler her kuns paa tvende bevægelige Punkter, istedetfor paa fire ved hiint, sees Pl. 5, Fig. 9. ABCD er en firkantet Ramme, som tjener til Fodstykke for de tvende lodret opstaaende doppelte Standere E og F, hvilke sidste desuden ere befæstede i Fodstykket ved de fire Stivere G,G,G,G. Delene af enhver af de to doppelte Standere E og F ere indbyrdes forbundne med hinanden ved Tverstykket H og Hovedstykket I. I ethvert af de tvende Tverstykker H er en Metalbösning indlagt, i hvilken Messinghjulene K,K bevæge sig paa meget fine og velpolerede Staalaxer. Igjennem ethvert af Hovedstykkerne I,I, som oventil forbinde begge Standernes lodrette Dele, gaaer en Skrue L, som förer et Messingstykke MN (Fig. 10) op og ned i den överste Deel af Standeren. I dette Messingstykke er skaaret et Hul, hvori tvende smaae Hjul bevæge sig om deres Axer, parallel med Messinghjulene K,K. I de Mellemrum, som dannes ved Beröringen af de större Messinghjul K,K og Peripherierne af de to mindre Hjul, hviler det store Messinghjul O paa sin glatte og velpolerede Staalaxe. Hovedstykket I med Skruen L og Messingstykket MN (Fig. 10) kan borttages fra Standerne E og F, ved at löse tvende smaae Skruer, som holde Hovedstykket I til Standeren, for i dets Sted at indlægge i enhver af Standerne en Messingbösning PQ, som holdes fast i Standerne ved ovennævnte Skruer. Disse Bösninger ere bestemte til at modtage og bære det store Hjul O, som lægges deri paa sin Axe, naar udfordres. Naar det store Hjul O hviler med sin Staalaxe paa de letbevægelige Messinghjul K,K, vil Frictionen, som finder Sted under Bevægelsen af Hjulet, der er rullende, være ulige ringere, end den, som fremkommer, naar Axen ligger i Bösningerne PQ, hvorom man kan overbevise sig ved Forsög med dette Instrument i begge Tilfælde. Fig. 9. Fig. 10.

For at anstille comparative eller sammenlignende Forsög imellem begge Slags Frictioner ved Hjælp af dette Instrument, lægger man Hjulet O med sin Axe paa de bevægelige Messinghjul K,K og vikler en temmelig lang Silkesnor af 6 til 7 Fods Længde, som bærer en liden Vægt R, f. Ex. af nogle Lod, omkring Peripherien af det store Hjul O. Sætter man derpaa Instrumentet paa en dertil beqvem Indretning saa höit, at Silkesnoren kan vikle sig af Hjulet forinden Vægten R naaer Gulvet

Plade V. Fig. 10. eller Jorden, og overlades under disse Omstændigheder Vægten R til sig selv, da vil den synke ved sin egen Vægt, og derved sætte det store Hjul O i Bevægelse, hvorved man ved Hjælp af en Tidsmaaler, som angiver Terz- eller Qvart-Secunder, nöiagtig bemærker Tiden i hvilket Hjulet vedbliver at være i Bevægelse, fra det Öieblik af, at Vægten R berörer Jorden. Man tage nu Hovedstykket I ud af Standerne E og F, skrue i dets Sted Bösningerne PQ fast, og lægge Hjulet O paa sin Axe i disse Bösninger; man sætte dernæst Hjulet O i Bevægelse paa samme Maade, som ovenfor er sagt, ved Hjælp af Silkesnoren med sin Vægt R, og man vil nu finde, at Hjulet neppe vedbliver at bevæge sig en Tiendedeel af Tiden imod i förste Forsög. Saaledes viser dette Instrument, hvormeget Frictionen kan formindskes, naar Bevægelsen er rullende, saavelsom hvormeget Overfladernes Störrelse kommer i Betragtning ved den rullende Bevægelse, og endelig, hvor fordeelagtigt det maa være ved alt Maskinerie, idet mindste i det Smaae, og hvor det er gjörligt, at lade Axen bevæge sig paa Peripherien af bevægelige Hjul, fremfor i Bösninger.

FJERDE INSTRUMENT.

Muschenbroek, hvis Forsög over Frictionen ere ligesaa vigtige som nöiagtige, har angivet et eget Instrument til at bestemme den större eller mindre Grad af Friction, som finder Sted imellem Fig. 11. forskjellige Legemer. Paa Fodstykket ABCD (Pl. 5, Fig. 11) staae 4 lige höie Piller, som foroven ere forbundne med hinanden ved det firkantede Rammestykke EFG. I ethvert af dette Rammestykkes tvende længste Sidestykker er indskaaren en Rende, hvori de tvende Underlag H og Fig. 12. H glide, hvis Form nöiere sees Fig. 12. De kunne bringes nærmere til hinanden, eller længere fra hinanden efter Behag, og befæstes paa Rammestykkerne, ved Hjælp af to Par Skruer I, I, i enhver vilkaarlig Afstand fra hinanden. I Oversiden af disse Underlag indskydes Bösninger, som maae være af forskjellige Metaller og forskjellige Træsorter, samt alle vel slebne og polerede. L (Fig. 11) er en Træcylinder, igjennem hvilken gaaer en Axe af slebet Staal, som udenfor Cylinderen har to forskjellige Tykkelser, hvilke staae i et bekjendt Forhold til hinanden, saaledes, at Diameteren af det Stykke af Axen, som er nærmest ved Cylinderen, kan efter Behag være to eller tre Gange saa stor som Diameteren af den yderste Deel af Axen. Bösningerne maae alle være saaledes, at de nöiagtigen passe til Axen efter en af dens Diametere. For Beqvemmeligheds Skyld kunne Bösningerne være saaledes udarbeidede, at den ene Side nöiagtigen passer til den förere Deel af Axen, imedens den anden Side nöiagtig hörer til den smalere Deel af Axen, see Fig. 12 K. Om Overfladen af Cylinderen L vikler en Snor sig et Par Gange, hvori hænger en Vægtskaal M, som er bestemt til at modtage de forskjellige Vægte, der under forskjellige Omstændigheder behöves, for at bevæge Cylinderen paa dens Axe i de forskjellige Bösninger. Over Cylinderen kan desuden hænges en Snor eller en Rem, som ved begge Ender bærer ligestore Vægte N og O.

Man lader Træcylinderen L hvile paa sin Axe i et Par Bösninger af samme Materie, og lægger derpaa Vægt i Skaalen M, indtil denne er istand til at drage Cylinderen rundt, og sætte den i Bevægelse. Paa samme Maade bedömmer man hvor megen Frictions-Modstand Cylinderen har at overvinde, for at sættes i Bevægelse under forskjellige Omstændigheder, saaledes som Bevægelsen paa de större eller mindre Axer, Bevægelsen med de samme Axer i Bösninger af forskjelligt Metal eller forskjellig Materie, Bevægelsen, naar Axen befugtes med Olie eller andre flydende Legemer, Bevægelsen, naar

Cylinderen kun bærer sin egen Vægt, eller naar den betynges med andre Vægte N og O, hvilke sidste ved samme eller comparative Forsög naturligviis stedse maae være ligestore, skjöndt de ved forskjellige Forsög efter Behag kunne forstörres eller formindskes. Plade V.

§ 15.

Instrumenter, som tjene til at vise Tyngdens Virkninger.

Man benævner den Bestræbelse, som alle Legemer yttre til at bevæge sig i en lodret Linie imod Jorden og imod Jordklodens Midpunkt, ifölge hvilken de maa falde, saasnart de ingen Modstand eller Understöttelse finde, *Tyngde* eller Gravitation. Denne Egenskab er almindelig, og uadskillelig fra alle Legemer; den yttrer sig stedse uden Hensyn paa Legemernes Masse, og aldeles eens paa alle Legemer, naar Middelet ingen Modstand byder for Tyngdens Virkning.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 5, Fig. 13) er et stærkt, i begge Ender aabent, cylinderformigt Glas, som er nöiagtigen og fuldkommen planslebet paa begge dets Rande; det lukkes oventil med den planslebne Messingplade CD, i hvis övre Side er indskruet en Læderbösning G (Fig. 14), hvorigjennem en Messingstang bevæges lufttæt. Denne Stang ender sig foroven i en liden Knap eller Ring E, og forneden i en liden Skive F, hvori er udskaaret en trekantet Aabning eller et Indsnit, som sees særskilt forestillet efter en forstörret Maalestok i Fig. 15. Fig. 13. Fig. 14 Fig. 15.

Paa den underste Side af Pladen CD, noget indenfor Randen, er en med Randen concentrisk stærk Messingring loddet til Pladen. Paa denne Ring ere i lige Afstand fra hinanden fastskruede eller befæstede fire smaae lodrette Messingtappe, hvoraf enhver bærer, ved en derpaa anbragt Hængsel, en liden Messingklap. Disse fire ligestore Messingklapper ere bag til ved Hængselen brede, men ende sig fortil i en Spids, med hvilke de hvile paa Skiven F (Fig. 14 og 15). Naar Pladen CD lægges paa Glascylinderen AB, og Skiven F dreies rundt ved Stangen E, maae de fire Messingklapper paa Pladen CD falde ned, en efter den anden, igjennem Indsnittet af Skiven F. Pladen CD med de fire Klapper og Stangen EF er viist i Fig. 14 og 15, saavel fra den övre som fra den nedre Side, efter en noget forstörret Maalesfok.

Naar ovenmeldte fire Messingklapper paa Pladen CD hvile saaledes paa Skiven F, at ingen af Klappernes Spidser ligge lige over Indsnittet i F, hvorved fölgelig Skiven F hindrer alle Klapperne fra at falde, lægges paa enhver af de fire Klapper to eller flere Ting af forskjellig spesifisk Vægt, saaledes som en Guldmynt, eller en Plade af andre Metaller, og et hvilketsomhelst let Legeme, som Papiir, Duun, noget Bomuld, eller lignende Ting. Man sætter derpaa Pladen CD oven paa Glasset AB, efterat have beströget dets Rand med lidt Olie eller Tælle, og bringer dette paa Tallerkenen HI af en Luftpompe, hvorefter man frembringer det lufttomme Rum saa fuldkomment som mueligt. Dreier man nu Messingstangen rundt ved Knappen E, saaledes at Indsnittet i Skiven F kommer lige under en af Klapperne, da maa denne falde ned ved dens Hængsel, igjennem Indsnittet, saaledes som Fig. 14 viser. De to Ting af forskjellig specifisk Vægt, saaledes som en Ducat og en Fjær, som ligge derpaa, ville begge falde, og man vil i et og det samme Öieblik höre og see dem begge slaae imod Tallerkenen HI. Dette samme Forsög kan saaledes gjentages fire Gange,

Plade V

indtil alle fire Klapper ere faldne igjennem Indsnittet paa Skiven F, og alle Forsög ville stedse have samme Udfald, i Stedet for, at naar man ved samme Instrument lader falde to Legemer af forskjellig specifisk Vægt, som en Guld- eller Sölvmynt og et Stykke Papir af samme Störrelse i Luften, eller uden at have frembragt lufttomt Rum i Glascylinderen, vil Mynten slaae imod Bunden HI, naar Papiret omtrent kuns er faldet igjennem de to Trediedele af Cylinderens Længde, og saaledes sees herved, at naár Legemer af forskjellig specifisk Vægt ikke falde lige hastigt, eller ved deres Fald ikke lige hastigen naae Jorden, maa Aarsagen hertil söges i Modstanden af Middelet, hvorigjennem Legemerne falde.

Tyngden er en Kraft, som virker bestandigen og uafbrudt paa alle Legemer; dens Virkning paa Legemerne maa altsaa tiltage i Forhold til Tiden, i hvilken den virker, og Bevægelsen, som den frembringer, eller Faldet af Legemerne, maa derfor ogsaa være tiltagende (accelereret). Heraf följer fremdeles, at Hastigheden, som Legemet erholder ved Faldet, maa tiltage i Forhold til de ulige Tal 1, 3, 5, 7, 9 o. s. fr., og at de ved Faldet gjennemlöbne Rum derfor maa forholde sig til hinanden, som Qvadraterne af de til Faldet brugte Tider. Ifölge denne Grundsætning maa et Legeme, som formedelst en hvilkensomhelst Kraft drives lodret i Veiret, idelig tabe af sin i förste Öieblik erholdte Hastighed; dets Bevægelse maa derfor blive aftagende (retarderet), og det i omvendt Forhold til den Hastighed, med hvilken Legemet i samme Tid og fra samme Höide vilde være falden formedelst Tyngden alene, altsaa i Forhold til de ulige Tal 9, 7, 5, 3, 1.

De Love, som finde Sted, saavel ved den tiltagende, som aftagende Bevægelse formedelst Tyngden, vises ved *Attwood's* Faldmaskine.

ANDET INSTRUMENT.

Plade VI. Fig 1. Fig. 2.

Paa et qvadratformigt Fodstykke af Træ, AB, (Pl. 6, Fig. 1), som ved Skruerne C, C, C, C kan stilles fuldkommen horizontalt, og hvorpaa tvende andre mindre Træplader ere befæstede ved stærke Skruer for at styrke Foden, er opreist en lodret cylinderformig Træstötte DE. Paa Stöttens överste Ende hviler et horizontalt Træstykke FGH, hvis yderste Deel H er aaben og udskaaren, saaledes, at den danner en fiirkantet Ramme, som er befæstet paa Stötten DE ved en stærk Skrue I, Fig. 2. I Rammestykket H befæstes, formedelst fire Skruer, Stativet KL, med Apparatet MN, hvori bemærkes de fire Standere a, a og b, b, som bære de fire smaae, paa fine og velpolerede Staalspidser let bevægelige og verticaltstaaende Messinghjul c, d, e og f. Af disse fire Hjul, som alle ere parallelle med hinanden, staae to Par, c, d og e, f ganske tæt ved hinanden, og saaledes, at deres Peripherier vexelsidig næsten naae til hverandres Axer. Paa de Steder, hvor Peripherierne af hvert Par af disse Messinghjul synes at skære hinanden, hviler den glatte og velpolerede Staalaxe af det store Messinghjul G, saa at de mindre Hjul ikkun tjene til at formindske Frictionen ved det större Hjuls Bevægelse. Paa hele Peripherien eller den ydre Rand af det större Hjul G er en Fure eller Rende indskaaren, over hvilken gaaer en meget fiin Silkesnor, hvis Ender bære tvende smaae Messingskaale, som sees efter forstörret Maalestok i O, paa hvilke lægges saa mange af Pladerne P, som behöves til Forsöget, saaledes som Fig. 1 og 2 vise det ved Q og R. Alle Pladerne P ere gjennemskaarne fra Kanten af og indtil Midten for at kunne skydes ind paa Stangen, som er befæstet i Skaalen O. Fra Undersiden af det horizontale Tværstykke FGH, og til den mellemste af de trende Træplader, som udgjöre Fodstykket af Maskinen, gaaer en lodret, fiirkantet, smal Træstang ST, paa hvis Forside er ovenfra nedad afsat en Scala paa sex og tredsindstyve engelske Tommer.

hvoraf hver Tomme igjen er inddeelt i 10 Dele. Denne Træstang holdes imellem Overstykket FGH og Fodstykket ABC, ved Hjælp af to Skruer eller smaae Messingstænger. Til denne saaledes inddeelte Scala kan man paa vilkaarlige Puncter fastskrue saavel Messingpladen U, som Messingringen V. Den förste er bestemt til at standse Pladen O i dens Fald; den sidste, hvis Aabning er stor nok til at bemeldte Plade O uhindret kan falde derigjennem, er bestemt til at tilbageholde Stangen W under Faldet, naar denne hviler paa Loddet Q. Til Tidens Afmaaling under Forsögene er et Uhrværk befæstet paa Siden af Træstötten DE ved de horizontale Messingstykker X og Y. Den bevægende Kraft frembringes i Uhrværket ved det perpendiculaire Fald af Vægten Z, der paa den ene Ende af en Silkesnor overvinder den paa samme Snors anden Ende anbragte mindre Vægt Æ. Den styrende Kraft i Uhret frembringes ved et Pendul, hvis Lindse Ö sættes saa höit eller saa lavt, at Pendulet netop fuldender en enkelt Svingning i Secundet. Silkesnoren, hvori Vægten Z hænger, gaaer over en Tridse, der har fælles Axe med Echappementshjulet, hvis fremstaaende horizontale Tænder een efter den anden, ved hver Svingning af Pendulet, slippe igjennem Aabningen paa et triangeldannet Staalstykke, der er fastgjort paa Pendulets Axe, og altsaa svinger med dette. Paa Axen af Echappementshjulet er anbragt en Viser, som angiver Secunderne paa en i 60 Dele inddeelt Skive foran paa Uhrværket. Plade VI. Fig. 1.

Hele Indretningen af Tidsmaaleren sees Pl. 9, hvor Fig. 13 viser Uhrværket fra den bageste Side med Pendulet, og Maaden paa hvilken det er ophængt. Fig. 14 viser Echappementshjulet med Tridsen paa dens Axe, hvorover Silkesnoren med Vægten Z (Pl. 6, Fig. 1) hænger. Fig. 15 viser endelig Uhrværket fra den forreste Side med Viser og Skive, hvilken sidste er gjennembrudt og aaben, saa at man tydeligen seer Echappementshjulet, det triangeldannede Staalstykke, og den övrige Indretning af Værket. hik (Pl. 6, Fig. 3) er en liden Messingplade, hvis verticale Indsnit passer til Kanten af Scalaen ST, og som i Experimentators Haand, holdt paa Nulpunktet af Scalaen, tjener til at understötte Massen Q, som hviler paa Enden k, indtil den skal falde. Plade XI.

Vægtene, som bruges ved disse Forsög, staae alle i et bestemt Forhold til hinanden, saaledes, at til Eenhed er antaget en Fjerdedeel Unze, som for Kortheds Skyld ved Angivelsen af Forsögene benævnes med M. Skaalen O med den deri befæstede Krog og Stang veier nöiagtig 6 saadanne M. Af Pladerne P maa haves en Deel af forskjellig Vægt fra 4 M og nedad indtil $\frac{1}{8}$ M. Stængerne W ere nöiagtigen forarbeidede efter samme Forhold, saaledes, at Eenhederne af Pladerne P, og Eenheden af Stængerne W netop veie 1 M; af disse sidste udfordres ligeledes flere af forskjellig Vægt, fra 4 M og nedad indtil $\frac{1}{8}$ M. Pladerne P maa forarbeides saaledes, at enhver af dem mageligen kan gaae igjennem Ringen V; de gjöres sædvanligen saaledes, at alle de Plader, som veie 4 M, nöiagtigen have samme Omkreds som Skaalen, eller Pladen O; de Plader, som ere mindre i Vægt, gjöres ogsaa mindre i Omkreds. Stængerne W ere bestemte til at forandre den tiltagende Hastighed, med hvilken Masserne Q eller R synke, til eensformig Hastighed, hvortil udfordres, at den Masse, som overgaaer den anden i Vægt, maa kunne afgive sit Overskud af Vægt, og altsaa sætte sig i fuldkommen Ligevægt med den anden Masse. Af den Aarsag maae alle Stængerne W, uden Hensyn paa Vægten, være af een og den samme Længde, saaledes at de ere lidet længere end Diameteren af den yderste Omkreds af Ringen V; thi dersom Massen Q synker formedelst sin Overvægt, naar Stangen W ligger derovenpaa, og i denne Tilstand gaaer igjennem Ringen V, da vil Stangen W forlade Massen Q og blive liggende paa Ringen V, naar den har den ovennævnte Længde. Enhver af Pladerne P, saavelsom af Stængerne W, betegnes med det Tal, som angiver

Plade VI. den Deel af M, som den veier. Paa Nöiagtigheden ved Forarbeidelsen af disse Plader og Stænger, saaledes, at enhver af dem paa det nöiagtigste veier det den skal, beroer Nöiagtigheden af de Forsög, som skulle anstilles med denne Maskine. Experimentator, eller den, der anstiller Forsögene med denne Maskine, maa nöiagtigen paasee, at Massen Q, som han understötter ved Hjælp af Pladen hik ved Nulpunktet paa Scalaen, ikke begynder at synke för eller efter Secundslaget paa Tidsmaaleren, hvilket nogen Övelse lettelig lærer.

Den væsentlige Nytte af dette Instrument er, at det gjör en bestemt Iagttagelse af de ved Tyngden bevirkede Phænomener muelig og let for Sandserne. Vel have Theorie og Erfaring bestemt lært os, at et Legeme paa Jordens Overflade i det förste Secund af sit frie Fald gjennemlöber $15\frac{5}{8}$ rhinlandske, eller $16\frac{1}{32}$ engelske Fod, som er 193 engelske Tommer, og at det siden fortsætter sit Fald med en jevntvoxende Hastighed, saaledes, at de gjennemlöbne Rum forholde sig som Qvadraterne af de dertil anvendte Tidsdele, samt at det Legeme, som formedelst Tyngden i en bestemt Tid har gjennemlöbet et bestemt Rum, har derved erholdt en Hastighed, hvorved det i det næste ligesaa lange Tidsrum kan med en eensformig Hastighed gjennemlöbe et doppelt saa stort Rum. Imidlertid blive de saaledes gjennemlöbne Rum i saare kort Tid saa betydelige, at de kun vanskeligen, ja næsten umueligen ved vore Sandser kunne bestemt iagttages; men denne Vanskelighed vil ikke komme i Betragtning, naar det kan bringes derhen, at Tyngden som frembringer Faldet af Legemet, ikkuns virker paa en Deel af dets Masse, istedetfor som sædvanligen at virke paa Legemets hele Masse, hvilket bevirkes ved denne Maskine. Det er da tydeligt, at Legemet vil erholde en saa mange Gange mindre Hastighed, og altsaa i samme Tid gjennemlöbe et saa mange Gange mindre Rum, som den omtalte Deel indeholdes i den hele Masse. Saaledes, om et Legemes hele Masse var deelt i 64 ligestore Dele, af hvilke hver var lig Vægten 1 M, og altsaa hele Massen lig 64 M, men Tyngden kun virkede paa een Deel eller paa 1 M, da vilde dette Legeme kun falde med en Hastighed, som var $\frac{1}{64}$ af den Hastighed, hvormed det maatte falde, om Tyngden virkede paa dets hele Masse, og Legemet vilde altsaa i det förste Secund gjennemlöbe $\frac{1}{64}$ af 192 Tommer, som er 3 Tommer.*) Massen, som ved dette Instrument sættes i Bevægelse er Vægtene ved Q og R. Men hertil maa regnes, saavel Vægten af selve Messingskaalerne og Krogene ved Q og R, hvilke, som ovenfor sagt, veie 12 M, som og Inertien af Hjulværket MN, hvis Modstand, ifölge de af Atwood angivne Forsög og Beregninger, anslaaes til 2 Untzer, altsaa til 8 M. Massen maae derfor antages at udgjöre 20 M, foruden de ved Q og R paahængte löse Vægte. Vil man nu bestemme, hvormegen Vægt man skal lægge paa hver af Messingskaalerne Q og R, for at hele Massen, formedelst en paa den ene Skaal tillagt faldvirkende Vægt af bestemt Störrelse, kan erholde en bestemt Hastighed, da erindre man blot, at man fra hele Massen maa drage saavel de ovennævnte 20 M, som den Vægt, der, lagt paa den ene Skaal, skal ved sin Tyngde ophæve Ligevægten imellem begge Masserne, for at bevirke Faldet, samt at den derved fremkomme Rest af Massen maa fordeles lige paa begge Skaalerne Q og R. Saaledes, naar hele Massen, som för sagt, bestaaer af 64 M, men Tyngden skal kun virke paa een Deel deraf, eller 1 M, da maa fra de 64 M trækkes 1 M + 20 M eller 21 M, og den derved fremkomne Rest 43 M, deles i to lige Dele, altsaa $21\frac{1}{2}$ M, som da er den Vægt, der maa hænges paa hver Skaal Q og R.

---

*) For at undgaae brudne Tal ved Forsögene antages Faldet af et Legeme i det förste Secund kuns at være 192 engelske Tommer.

Blandt de forskjellige Forsög, som kunne anstilles med dette Instrument, anföres her följende: Plade VI.

FÖRSTE FORSÖG.

Vil man pröve de anförte Love for Faldet ved Forsög med denne Maskine, og man f. Ex. bestemmer Störrelsen af den hele Masse til 64 M, men den Deel, paa hvilken Tyngden yttrer sig, til 1 M, saa maa paa hver af Messingskaalerne Q og R först lægges $21\frac{1}{2}$ M; der hviler da paa dem begge $2 \times 21\frac{1}{2}$ M $= 43$ M, hvilket lagt til de 20 M, som udgjör Skaalernes Vægt og Hjulværkets Modstand, udgjör 63 M. Herved vil den ene Vægt ved Q være i fuldkommen Ligevægt med den anden Vægt ved R. Lægger man nu paa Q endnu en Vægt af 1 M, saa bliver hele Massen 64 M; men denne sidste tillagte Deel har ingen Modvægt ved R; den vil följelig falde formedelst sin Tyngde; men ved dette Fald sætter den tillige hele Massen Q i Bevægelse, og saaledes forholder sig da virkeligen den Deel af Massen, hvorpaa Tyngden virker, til den hele bevægede Masse, som 1 til 64. Efter det forhen anförte bliver det Rum, som Q herved gjennemlöber i en Secund, 3 Tommer, og da fremdeles de gjennemlöbne Rum forholde sig som Qvadraterne af Tiderne, saa gjennemlöber Q i to Secunder et Rum af $2^2 . 3$ Tommer $= 4 . 3$ Tommer $= 12$ Tommer; i tre Secunder et Rum af $3^2 . 2$ Tommer $= 9 . 3$ Tommer $= 27$ Tommer; i fire Secunder et Rum af $4^2 . 3$ Tommer $= 16 . 3$ Tommer $= 48$ Tommer o. s. v.

For at overbevise sig herom, skrue man Messingpladen U fast ved den tredie Tomme, efter at Uhret er sat i Bevægelse, og Pendulet gjör jevne Secundsvingninger; man lade nu Skaalen Q hvile paa Underlaget hik (Fig. 3), som holdes i Haanden, nöiagtigen paa Nulpunktet af Scalaen ST; man trække dernæst nöiagtigen ved Secundslaget Underlaget hik bort; Skaalen Q maa da synke, og man vil see og höre, at Skaalen Q, med det följende Slag af Pendulet, slaaer imod Pladen U; det faldende Legeme har altsaa virkelig i 1 Secund gjennemlöbet 3 Tommer.

ANDET FORSÖG.

Vil man med samme Masser gjentage Forsöget med Faldet i flere Secunder f. Ex. i 4, saa vil det derved gjennemlöbne Rum være $= 3 . 4^2 = 3 . 16$, $= 48$ Tommer. Til den Ende skrue man Pladen U fast ved den 48de Tomme, og understötte Skaalen Q ved Nulpunktet; Q vil da synke naar den overlades til sig selv, og stöde imod Pladen U, nöiagtig med det fjerde Secundslag.

TREDIE FORSÖG.

Naar den samme Masse 64 M, som ved de foregaaende Forsög bragtes til at falde formedelst Tyngdens Virkning paa 1 M, nu bringes til at falde formedelst Tyngdens Virkning paa 2 M, 3 M, 4 M o. s. v., da ville de herved gjennemlöbne Rum blive 2, 3, 4 Gange större end de, som i lige Tider bleve gjennemlöbne ved de forrige Forsög, eller i Almindelighed: Ved lige Tider og ligestore bevægede Masser forholde sig de gjennemlöbne Rum, som de faldvirkende Dele af Massen. Saaledes, dersom Massen er den samme som ved forrige Forsög, altsaa 64 M, men Tyngden virker paa en fire Gange saa stor Deel, altsaa paa 4 M, da ville de i samme Tid gjennemlöbne Rum være 4 Gange saa store som för, altsaa 12 Tommer i et Secund, 48 Tommer i 2 Secunder, 108 Tommer i 3 Secunder o. s. v. Man lægge 20 M paa Skaalen R og 24 M paa Skaalen Q, saa ere Masserne $=$ 64 M. Man sætte Pladen U paa 12 Tommer, og Skaalen Q vil nu stöde derimod ved Slutningen af det förste Secund af sit Fald. Sætter man Pladen U paa 48 Tommer, da vil Skaalen Q slaae derimod ved Slutningen af det andet Secund o. s. f.

FJERDE FORSÖG.

Plade VI.

Naar de samme Masser under Faldet gjennemlöbe de samme Rum, men i forskjellige Tider, og ved forskjellige faldvirkende Kræfter, da forholde Tiderne sig omvendt som Qvadratrödderne af de faldvirkende Kræfter. Saaledes, naar den faldvirkende Deel i det sidste Forsög var 4 Gange saa stor, som i det förste Forsög, da skeer det förste Fald i to Gange saa lang Tid som det sidste. Man fordele Massen 64 M saaledes, at paa Skaalen R lægges $21\frac{3}{4}$ M og paa Skaalen Q $22\frac{1}{4}$ M; den udgjör da $21\frac{3}{4}$ M + $22\frac{1}{4}$ M + 20 M = 64 M. Man sætte Pladen U paa 54 Tommer, og Skaalen Q vil nu slaae derimod ved Udlöbet af det 6te Secund. Man fordele dernæst Massen 64 M saaledes, at paa Skaalen R ligger 21 M og paa Skaalen Q 23 M; man sætte Pladen U ligesom för paa 54 Tommer, og Skaalen Q vil nu slaae derimod ved Udlöbet af det 3die Secund. Den under förste Forsög ved Faldet brugte Tid var 6 Secunder, den faldvirkende Masse har været $\frac{1}{2}$ M; men den til Faldet under det andet Forsög brugte Tid var 3 Secunder og den faldvirkende Masse derved 2 M; men $6:3 = \sqrt{2}:\sqrt{\frac{1}{2}} = \sqrt{4}:\sqrt{1} = 2:1$.

FEMTE FORSÖG.

Ethvert Legeme, som med en jevntvoxende eller tiltagende Hastighed i et vist Tidsrum under Faldet gjennemlöber et vist Rum, erholder derved en Hastighed, formedelst hvilken det i det följgende ligestore Tidsrum maa med en eensformig Hastighed gjennemlöbe det doppelte Rum.

Dersom f. Ex. et Legeme gjennemlöber 3 Tommer i det förste Secund af Faldet med en tiltatagende Hastighed, vil det i det följgende eller andet Secund med en eensformig Hastighed gjennemlöbe 6 Tommer. Har det samme Legeme gjennemlöbet 12 Tommer med en tiltagende Hastighed i de to förste Secunder, da vil det gjennemlöbe 24 Tommer ved dets blotte Slutningshastighed i de paafölgende to Secunder o. s. f. Man lægge $21\frac{1}{2}$ M paa hver af Skaalerne Q og R, men desuden en af de ovenfor beskrevne Stænger W = 1 M paa Skaalen Q; den hele Masse vil da være $21\frac{1}{2}$ M + $21\frac{1}{2}$ M + 1 M + 20 M = 64 M. Den faldvirkende Deel er 1 M, altsaa $\frac{1}{64}$ af hele Massen. Skaalen Q maa derfor, som ovenfor er viist, ved Faldet gjennemlöbe 3 Tommer i det förste Secund, og 12 Tommer i to Secunder. Man skrue nu Ringen V fast ved Scalaens tolvte Tomme og Pladen U ved dens 36te Tomme, hvorved bör iagttages, at Ringen V fæstes saaledes paa Scalaen ST, at Stangen W lægger sig derpaa, naar det underste af Skaalen Q nöiagtig er i Linie med den 12te Tomme paa Scalaen.

Man overlade nu Skaalen Q til sig selv, efter at den har været understöttet ved Nulpunktet; den vil da synke formedelst sin Overvægt med tiltagende Hastighed, og naaer Ringen V ved Udlöbet af det andet Secund efter Begyndelsen af Faldet; her aflægger eller deponerer den Stangen W, og mister derved sin Overvægt over Massen R, med hvilken sidste den nu kommer i fuldkommer Ligevægt. Bevægelsen i Faldet, som hidindtil var voxende eller tiltagende, bliver nu fuldkommen eensformig, og Skaalen Q slaaer ved Udlöbet af det fjerde Secund mod Pladen U. Skruer man Pladen U ved den 60de Tomme, lader iövrigt alting blive som ved foregaaende Forsög, saaledes at Skaalen Q deponerer Stangen W ved Udlöbet af det andet Secund paa Ringen V, da vil Skaalen Q slaae mod Pladen U ved Udlöbet af det sjette Secund o. s. f. At Hastigheden af Bevægelsen under Faldet herved forandres fra tiltagende til eensformig, og at den er den doppelte imod för, sees deraf, at Massen Q gjennemlöber i hver to Secunder 24 Tommer, altsaa befinder sig det fjerde Secund ved den 36te Tomme, det sjette Secund ved den 60de Tomme, istedetfor at den ved den tiltagende

Hastighed vilde have befunden sig det fjerde Secund ved den 48de Tomme og i sex Secunder vilde have gjennemlöbet 108 Tommer. Plade VI.

SJETTE FORSÖG.

Naar de samme Masser falde ved Hjælp af de samme Kræfter i forskjellige Tider, da forholde sig de derved erhvervede Hastigheder som de anvendte Tider. Saaledes vil et Legeme, der ved forskjellige Forsög falder frit i 1, 2, 3, 4 etc. Secunder derved erhverve sig forkjellige Hastigheder, der forholde sig til hverandre som Tallene 1, 2, 3, 4 etc. Man lægge paa Skaalen R $21\frac{1}{2}$ M, og paa Skaalen Q $21\frac{1}{2}$ M foruden en Stang W = 1 M; Massen er da $21\frac{1}{2}$ M + $21\frac{1}{2}$ M + 1 M + 20 M = 64 M, og den faldvirkende Deel = 1 M = $\frac{1}{64}$ af hele Massen. Man fastskruer nu Ringen V ved den 3die, og Pladen U ved den 9de Tomme; da vil Skaalen Q synke naar den overlades til sig selv, og nedlægge eller deponere Stangen W ved Slutningen af det förste, men træffe Pladen U ved Slutningen af det andet Secund. Det faldende Legeme har altsaa ved sit Fald i 1 Secund erhvervet sig en Hastighed af 6 Tommer i 1 Secund. Derpaa lade man Massens Fordeling paa Skaalerne blive som forhen, men fastskrue Ringen V ved den 12te og Pladen U ved den 24de Tomme. Efter 2 Secunder vil nu Skaalen Q höres at deponere Stangen W, og efter 3 Secunder at træffe Pladen U, og Legemet har altsaa denne Gang ved et Fald i to Secunder erhvervet sig en Hastighed af 12 Tommer i 1 Secund. Skrues endelig Ringen V ved den 27de og Pladen U ved den 45de Tomme, da vil Skaalen Q aflægge Stangen W ved Slutningen af det tredie, og træffe Pladen U ved Slutningen af det fjerde Secund, og Legemet har altsaa nu ved et Fald i 3 Secunder erhvervet sig en Hastighed af 18 Tommer i 1 Secund. De Hastigheder, som Legemet ved sit Fald i 1, 2, 3 Secunder har erhvervet sig, forholde sig altsaa som 6 : 12 : 18 d. e. som 1 : 2 : 3 eller som de Tider, i hvilke de accelererede Fald varede.

SYVENDE FORSÖG.

Naar ligestore Masser falde i lige lange Tider, men formedelst forskjellige faldvirkende Kræfter, da forholde de derved erhvervede Hastigheder sig som de faldvirkende Kræfter, hvorved de erhvervedes. Saaledes, naar den samme Masse i samme Tid falder formedelst forskjellige Kræfter, der forholde sig til hinanden som 1 : 2 : 3 etc., da ville de derved fremkomne Hastigheder ligeledes forholde sig som 1 : 2 : 3 etc. For at overtyde sig herom, lægge man paa Skaalen R $21\frac{1}{2}$ M, paa Q $21\frac{1}{2}$ M, samt en Stang W = 1 M; hele Massen er nu $21\frac{1}{2}$ M + $21\frac{1}{2}$ M + 1 M + 20 M = 64 M, og den faldvirkende Deel = 1 M = $\frac{1}{64}$ af Massen. Man skrue Ringen V ved den 3die og Pladen U ved den 9de Tomme, Skaalen Q vil da under Faldet efter et Secund deponere Stangen W, og efter 2 Secunder træffe Pladen U. Den erhvervede Hastighed var altsaa 6 Tommer i 1 Secund. Man lægge nu 21 M paa R og 21 M paa Q, foruden en Stang W = 2 M; da er som för hele Massen = 64 M, nemlig 21 M + 21 M + 2 M + 20 M; men den faldvirkende Deel er nu 2 M = $\frac{2}{64}$ af Massen. Man skrue Ringen V ved den 6te og Pladen U ved den 18de Tomme; Skaalen Q vil da, efter at være faldet i 1 Secund, deponere Stangen W, og efter 2 Secunder træffe Pladen U; den ved Faldet i 1 Secund erhvervede Hastighed var altsaa 12 Tommer i 1 Secund. Endelig lægge man paa R $20\frac{1}{2}$ M, og paa Q $20\frac{1}{2}$ M, foruden en Stang W = 3 M; hele Massen er da som för 64 M, nemlig $20\frac{1}{2}$ M + $20\frac{1}{2}$ M + 3 M + 20 M; men den faldvirkende Deel er nu = 3 M = $\frac{3}{64}$ af Massen. Man fastskrue Ringen V ved den 9de og Pladen U ved den 27de Tomme, og man vil höre Skaalen Q under Faldet deponere Stangen W efter 1 Secund, og træffe Pladen U efter 2 Secunders Forlöb; den ved Faldet i 1 Secund erhvervede Hastighed var altsaa denne Gang

Plade VI.

18 Tommer i et Secund. Ved disse trende Forsög vare Masserne og Tiderne lige; de faldvirkende Kræfter vare $\frac{1}{64}$, $\frac{2}{64}$ og $\frac{3}{64}$ af Massen, og de erhvervede Hastigheder 6, 12 og 18 Tommer i et Secund; altsaa forholde sig her Hastighederne som de faldvirkende Kræfter, nemlig som 1:2:3.

OTTENDE FORSÖG.

Naar ved forskjellige Forsög baade de faldvirkende Kræfter og Tiderne, i hvilket Faldet skeer, ere forskjellige, da staae de erhvervede Hastigheder i et Forhold til hinanden, der er sammensat af de faldvirkende Kræfters og Tidernes Forhold. Saaledes dersom f. Ex. ved tvende Forsög de faldvirkende Kræfter forholdt sig som 3 til 4 og Tiderne som 1 til 2, saa ville de erholdte Hastigheder forholde sig som 1×3 til 2×4 d. e. som 3 til 8. Af de under 6te og 7de förstanförte Forsög sees, at naar den faldvirkende Kraft er $\frac{1}{64}$ af Massen, da erhverves, ved et Fald i 1 Secund, en Hastighed af 6 Tommer i 1 Secund. Lægger man dernæst paa R $13\frac{1}{2}$ M og paa Q $13\frac{1}{2}$ M, foruden en Stang W = 1 M, da er hele Massen = $13\frac{1}{2}$ M + $13\frac{1}{2}$ M + 1 M + 20 M = 48 M, og den faldvirkende Kraft = 1 M = $\frac{1}{48}$ af hele Massen. Formedelst saadan Fordeling af Massen vil altsaa Skaalen Q ved sit frie Fald gjennemlöbe i 1 Secund $\frac{1\,9\,2}{48}$ = 4 Tommer og i 2 Secunder 4×2^2 = 16 Tommer. Fastskrues altsaa Ringen V ved den 16de og Pladen U ved den 32te Tomme, da vil Skaalen Q efter 2 Secunders Forlöb deponere Stangen W paa Ringen V, og efter 3 Secunder træffe Pladen U; den ved det accelererede Fald i to Secunder erhvervede Hastighed var altsaa her 16 Tommer i et Secund. Sammenlignes nu det under 6te og 7de först anförte Forsög med det her fremsatte, da sees, at de faldvirkende Kræfter have forholdt sig som $\frac{1}{64}$ til $\frac{1}{48}$ eller som 3:4; Tiderne i hvilke de accelererede Fald varede, som 1:2, og de erhvervede Hastigheder som 6:16 eller som 3:8 d. e. som $1\times3:2\times4$ og saaledes befindes Hastighedernes Forhold sammensat af de faldvirkende Kræfters og Tidernes Forhold.

NIENDE FORSÖG.

Naar lige Masser med accelereret Bevægelse gjennemlöbe ligestore Rum, formedelst forskjellige faldvirkende Kræfter, da forholde de erhvervede Hastigheder sig som Qvadratrödderne af de faldvirkende Dele af Masserne. Saaledes ville f. Ex. naar de faldvirkende Dele under denne Forudsætning forholdt sig som 1:4, de erhvervede Hastigheder forholde sig som 1:2. For at overbevise sig herom lægge man först paa R $21\frac{1}{2}$ M, og paa Q $21\frac{1}{2}$ M, foruden en Stang W = 1 M; hele Massen er da $21\frac{1}{2}$ M + $21\frac{1}{2}$ M + 1 M + 20 M = 64 M, og den faldvirkende Deel af samme = 1 M = $\frac{1}{64}$ af hele Massen. Fastskrues nu Ringen V med den 12te og Pladen U ved den 24de Tomme, da vil Skaalen Q efter 2 Secunder deponere sin Stang, og efter 3 Secunder træffe Pladen U, og den erhvervede Hastighed var saaledes 12 Tommer i 1 Secund. Dernæst lægge man paa R 20 M og paa Q 20 M, foruden en Stang W = 4 M, da er Massen = 20 M + 20 M + 4 M + 20 M = 64 M, og den faldvirkende Deel af samme = 4 M = $\frac{4}{64}$ af hele Massen; fastskrues nu som för Ringen V ved den 12te, men Pladen U ved den 36te Tomme, da vil Skaalen Q efter 1 Secund deponere Stangen, og efter 2 Secunder træffe Pladen U; og den erhvervede Hastighed var altsaa 24 Tommer i 1 Secund. Sammenlignes nu begge disse Forsög, da sees det, at det ved accelereret Bevægelse gjennemlöbne Rum var ved begge 12 M, og Massen ved begge 64 M; men at de faldvirkende Dele af Massen forholdt sig som 1:4, og de derved erhvervede Hastigheder som 12:24, d. e. som 1:2, eller som Qvadratrödderne af de faldvirkende Dele.

TIENDE FORSÖG.

Naar tvende forskjellige Masser med accelereret Hastighed gjennemlöbe lige store Rum i lige Tider, da forholde Masserne sig til hinanden som de faldvirkende Dele af samme. Saaledes naar tvende Masser 64 M og 48 M gjennemlöbe samme Rum i samme Tid, og altsaa erhverve samme Hastighed, ville de faldvirkende Dele forholde sig som 64 : 48 d. e. som 4 . 3. Man lægge paa R $21\frac{1}{2}$ M, paa Q $21\frac{1}{2}$ M, og en Stang W = 1 M; Massen er da 64 M, og den faldvirkende Deel af samme 1 M = $\frac{1}{64}$ af hele Massen. Fastskrues Ringen V ved den 12te og Pladen U ved den 24de Tomme, vil Skaalen Q efter 2 Secunder deponere Stangen, og efter 3 Secunder træffe Pladen U. Dernæst lægge man paa R $13\frac{5}{8}$ M og paa Q $13\frac{5}{8}$ M foruden en Stang W = $\frac{3}{4}$ M, da er hele Massen = $13\frac{5}{8}$ M + $13\frac{5}{8}$ M + $\frac{3}{4}$ M + 20 M = 48 M, og den faldvirkende Deel = $\frac{3}{4}$ M = $\frac{1}{64}$ af Massen. Lader man altsaa som för Ringen V blive ved den 12te og Pladen U ved den 24de Tomme, da vil Skaalen Q efter 2 Secunder deponere Stangen, og efter 3 Secunder træffe Pladen U. Ved begge disse Forsög vare de med accelereret Bevægelse gjennemlöbne Rum 12 Tommer, de dertil anvendte Tider 2 Secunder, de erhvervede Hastigheder 12 Tommer i 1 Secund. Masserne forholdt sig som 64 : 48 eller som 4 : 3, og de faldvirkende Dele som 1 : $\frac{3}{4}$ eller som 4 : 3 d. e. som Masserne. Plade VI.

ELLEVTE FORSÖG.

Naar tvende forskjellige Masser med den samme accelererende Kraft gjennemlöbe i Faldet forskjellige Rum, da maae de derved erholdte eensformige Hastigheder forholde sig til hinanden som Qvadratrödderne af de under det accelererede Fald gjennemlöbne Rum. Man lægge $85\frac{1}{2}$ M paa Skaalen R og ligesaa meget paa Skaalen Q, og desuden Stangen W = 1 M; den hele Masse vil altsaa udgjöre 192 M, og den accelererende Kraft 1 M eller $\frac{1}{192}$ af hele Massen. Man skrue nu Ringen V ved den förste og Pladen U ved den tredie Tomme; Skaalen Q vil da, naar den overlades til sig selv, synke med accelereret Hastighed, og aflægge Stangen W efter det förste Secund paa Ringen V, hvornæst den vil vedbliveat synke med eensformig Hastighed, og slaae imod Pladen U ved Enden af det andet Secund. Man fordele dernæst Massen $123\frac{1}{4}$ M, saaledes, at paa Skaalen R ligger $61\frac{5}{8}$ M og paa Q lige saameget, foruden Stangen W = $\frac{3}{4}$ M, hele Massen er altsaa 144 M og den accelererende Kraft $\frac{3}{4}$ M, eller $\frac{3}{144}$ = $\frac{1}{192}$ af hele Massen. Man skrue Ringen V ved den fjerde og Pladen U ved den ottende Tomme; Skaalen Q vil nu synke med accelereret Bevægelse, og efter 2 Secunder aflægge Stangen W, paa Ringen V, og med eensformig Bevægelse slaae imod Pladen U ved Udlöbet af det tredie Secund. De med eensformig Hastighed ved disse Forsög gjennemlöbne Rum: 2 Tommer og 4 Tommer, forholde sig altsaa til hinanden som Qvadratrödderne af de med tiltagende Hastighed gjennemlöbne Rum thi 2 : 4 = $\surd$ 1 : $\surd$ 4.

TOLVTE FORSÖG.

At Tyngden ligesaavel retarderer enhver Bevægelse fra Jordens Center, som den accelererer enhver Bevægelse mod Jordens Center, at denne Bevægelse aftager i lige Tidsrum i Forhold til de ulige Tal 9, 7, 5, 3, 1, og at alle de anförte Tilfælde ved den accelererede Bevægelse ere omvendt anvendelige ved den retarderede Bevægelse, kan ligeledes ved *Atwoods* Maskine gjöres anskueligt for Sandserne. Et Exempel være nok til at gjöre denne Sag indlysende. Man lægge paa Skaalen R $21\frac{1}{2}$ M og paa Skaalen Q $20\frac{1}{2}$ M, foruden Stangen W = 2 M. Den hele Masse vil altsaa udgjöre $21\frac{1}{2}$ M + $20\frac{1}{2}$ M + 2 M + 20 = 64 M. Skaalen Q har en Overvægt af 1 M over Skaalen R, og den faldvirkende Deel eller den accelererende Kraft er altsaa 1 M eller $\frac{1}{64}$ Deel af hele Massen; Skaalen Q

Plade VI. maa derfor ved Faldet gjennemlöbe 12 Tommer i de förste 2 Secunder, og ved det andet Secund aflægge Stangen W paa Ringen V, dersom denne befinder sig ved den 12te Tomme; men herved bliver Skaalen Q lettere end Skaalen R, da den nu har 1 M mindre end denne; dens erholdte Hastighed vil derfor eensformigen aftage, formedelst den tiltagende Kraft i R som er 1 M; da nu hele Massen, efter at Stangen W er deponeret, er 62 M, maae R blive i Stand til i det förste Secund, med en tiltagende Hastighed at gjennemlöbe $3\frac{3}{31}$ Tommer, som er Qvotienten af 192 divideret med 62 og i to Secunder $12\frac{12}{31}$ Tommer; men da R erholder denne accelererende Kraft i det samme Öieblik, som Q formedelst sin accelererede Bevægelse har erholdt Kraft til med eensformig Hastighed at gjennemlöbe 24 Tommer i to Secunder, saa ophæver R ved sin Modstand ligesaa megen Bevægelses-Kraft i Q, som den selv besidder. Hastigheden af Q i to Secunder vil derfor ikkuns blive $11\frac{19}{31}$ Tomme, nemlig $24 - 12\frac{12}{31}$ Tomme $= 11\frac{19}{31}$ Tomme. Naar derfor Ringen V ved dette Forsög skrues paa den 12te Tomme, og Pladen U paa $23\frac{19}{31}$ Tomme, da vil Skaalen Q efter to Secunders Forlöb aflægge Stangen W paa Ringen V; den taber nu sin tiltagende Hastighed, og bevæger sig med en Hastighed, som idelig aftager formedelst den tiltagende Kraft i Skaalen R, indtil den efter 2 Secunder, altsaa ved den fjerde Secund fra Begyndelsen af Faldet, svagt berörer Pladen U, efter hvilken Beröring den stiger i Veiret, formedelst det accelererede Fald af Skaalen R.

Ved Forsögene over den retarderede Bevægelse, kommer Gnidningen af det store Hjul G med sin Axe paa de mindre Hjul c, d, e, f, hvor liden den end er, i Betragtning; den er af *Atwood* anslaaet til 3 Gran, hvilke derfor maa lægges paa Skaalen, naar man vil vente et nöiagtigt Udfald. *)

§ 16.

Bevægelsen af et Legeme i en skraa Retning imod Horizonten, maa ansees som om den skete paa en Skraaplan (planum inclinatum). Legemet, som staaer eller glider derpaa, vil ligesaavel falde

---

*) Da den större eller mindre Nöiagtighed af Hjulenes og Axernes Afdreining ved den atwoodske Faldmaskine nödvendigen maa gjöre en Forandring i den Störrelse, der ved hvert Forsög maa lægges til for Hjulværkets Modstand, og som i de anförte Forsög var anslaaet til 8 M; saa er det ved en ny Maskine nödvendigt at kunne skaffe sig en Bestemmelse af denne Störrelse, hvilken let kan erholdes ved Forsög paa följende Maade. Den Störrelse, der formedelst Hjulværkets Modstand maa lægges til de paa Snoren paahængte Vægte, og som ved ovenanförte Forsög var anslaaet til 8 M, bestaaer egentlig af tre Dele, nemlig:

1) den Modstand, som Inertien af Tridsens Masse foraarsager,
2) Gnidningsmodstanden af Axen,
3) Snorens Modstand imod sin Böining. Af disse er den förste constant for en hvilkensomhelst paahængt Vægt, de to andre derimod voxe i Forhold til de paahængte Vægte.

Dersom man, som i förste Forsög, havde ladet hver paahængt Vægt være $21\frac{1}{2}$ M, som lagt til Skaalernes Vægt $=$ 12 M udgjör ialt 55 M, og den faldvirkende Deel være 1 M, saa er allerede viist, at da hele den Masse, hvorpaa Bevægelsen af Faldet skal fordele sig, er 56 M, det gjennemlöbne Rum da, dersom Hjulværket aldeles ingen Modstand gjorde, vilde være $\frac{1}{56}$ af det ved det frie Fald gjennemlöbne, altsaa i et Secund $\frac{1}{56} \cdot 192$ Tommer eller $3\frac{3}{7}$ Tomme. Naar man imidlertid anstiller Forsöget, finder man, ved at flytte Pladen U op og ned saalænge, indtil Skaalen Q nöiagtig træffer den ved Udlöbet af det förste Secund, at dette ikke vil skee ved $3\frac{3}{7}$ Tomme, men f. Ex. ved den tredie Tomme. Denne Forskjellighed i Beregning og Forsög hidrörer da nödvendigen fra Hjulværkets Modstand, der som bekjendt kan betragtes som en Vægt, der tænkes hængende paa Snoren, og

naar det feiler den fornödne Understöttelse, som om det var aldeles overladt til sig selv, og det vil i sit Fald fölge de samme Love, som om Faldet var frit og perpendiculairt paa Horizonten. Man kan forvisse sig derom ved fölgende Instrument.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Plade VII. Fig. 1.

AB og **CD** (Pl. 6 Fig. 1) ere tvende omtrent 12 Fod lange Metaltraade, der spændes parallelle med hinanden, under en Vinkel af nogle og tyve Grader mod Horizonten, saaledes, at der omtrent er en Afstand af 3 til 4 Tommer imellem dem. Paa Traaden **AB**, der ved afsatte Mærker er inddeelt i 14 eller 16 ligestore Dele, glider en liden Vægt **E** af Messing paa to smaae Ruller. Paa hvilketsomhelt Sted af Traaden **CD** befæstes en liden Klokke **F**. Fra Messingvægten **E** böier en liden Metaltraad sig ud, saaledes at **E** ikke kan komme forbi Klokken **F**, uden at denne sidste bevæger sig, og giver et tydeligt Slag. **GH** er et Pendul, hvis Lindse **H** sættes saa höit eller saa lavt, at Pendulet netop gjör een Svingning, medens Vægten **E** glider ned over den förste af de paa Messingtraaden **AB** afsatte ligestore Dele. Dette Pendul löfter ved hver Svingning en liden Hammer **I**, som slaaer paa Klokken **K**, der maa have en forskjellig Lyd fra den forhennævnte Klokke **F**; Pendulstangen **GH** maa, ved sin Svingning med dens överste Ende **L**, kunne lösne en Silketraad, hvorved Vægten **E** holdes i en let Tang eller Klemme **M**, indtil den skal begynde at glide. Man sætter Vægten **E** paa den förste Afdelings överste Endepunkt, eller paa Nulpunktet af de Dele, i hvilke Metaltraaden **AB** er inddeelt, og man forkorter eller forlænger Svingningerne af Pendulet **GH** ved at löfte eller sænke Lindsen **H** saalænge, indtil enhver af Svingningerne nöiagtig fuldföres i samme Tid som Vægten **E** behöver til at gjennemlöbe den förste eller i Almindelighed en af Afdelingerne paa Traaden **AB**. Naar dette nöiagtig er afpasset, fæstes Vægten **E** ved Silketraaden i den lille Tang **M**, saaledes at den ydre Kant af **E** nöiagtig befinder sig ved Nulpunktet paa Traaden **AB**; Klokken **F** skrues fast paa Metaltraaden **CD**, nöiagtig ligeoverfor Endepunktet af den förste Afdeling paa **AB**. Man sætter nu Pendulet **GH** i Bevægelse, som ved dens förste Svingning löfter Hammeren **I** i Veiret, hvorved fölger Slaget paa Klokken **K**, som angiver det Öieblik, da Pendulets överste Ende **L** lösner Silketraaden af Tangen **M**, hvorved Vægten **E** begynder at glide. Den vil nu ved det andet Slag af Klokken **K** have gjennemlöbet den förste Afdeling paa Metaltraaden **AB**, og derfor slaae imod Klokken **F** paa Metaltraaden **CD**, i samme Öieblik som Pendulet fuldender

---

som fölgelig maa lægges til de anförte 56 M, der virkelig befinde sig der; lad denne Störrelse, der er ubekjendt og skal söges, benævnes med x. Da man nu veed, at de gjennemlöbne Rum for ligestore Tider, og ligestore faldvirkende Kræfter forholde sig omvendt som de Masser, hvorpaa Faldet skal fordeles, saa kan man danne fölgende Proportion:

$3\frac{3}{7}$ Tomme : 3 Tommer = (56 M + x) : 56 M, hvilket giver:

$$56\,M \times 3\tfrac{3}{7} = (56\,M + x) \times 3$$

eller $$192\,M = 168\,M + 3x$$

altsaa $$x = \frac{192\,M - 168\,M}{3} = \frac{24\,M}{3} = 8\,M.$$

Fölgelig fandtes paa denne Maade den Störrelse x, eller Hjulværkets Modstand at være = 8 M. Da en lille Feil i Iagttagelsen af det Rum, Legemet ved Faldet gjennemlöber, bliver af desto större Betydning, jo mindre de gjennemlöbne Rum ere, saa maa man helst anvende Faldet igjennem flere Secunder til dette Forsög.

Plade VII. Fig. 1. den anden Svingning, og frembringer Slaget paa Klokken K. Man gjentager det samme Forsög, dog saaledes, at Klokken F er sat ligefor Endepunctet af den fjerde Afdeling af AB, og man vil da paa samme Maade see Vægten E gjennemlöbe de fire Afdelinger af Metaltraaden AB, medens Pendulet gjör to Svingninger; sætter man Klokken F ligefor den niende Afdeliug af Metaltraaden AB, da vil E stöde imod Klokken F med Udgangen af den tredie Pendulsvingning; den vil gjennemlöbe de sexten Afdelinger i fire Pendulsvingninger o. s. f., og saaledes viser dette Instrument, at de ved Tyngden paa Skraaplanen gjennemlöbne Rum voxe som de ulige Tal 1, 3, 5, 7, 9, og forholde sig til hinanden som Qvadraterne af de brugte Tider.

Uagtet Tyngden virker paa ethvert Legeme, som bevæger sig paa en Skraaplan, og Legemet i sin Bevægelse herved fölger de samme Love, som finde Sted ved det frie Fald, er Bevægelsen paa Skraaplanen dog meget langsommere end i det Frie, og det i Forhold til Skraaheden af Planen; thi Legemet, som befinder sig paa en Skraaplan, understöttes for en Deel af Planen, og det destomere, jo mere parallel Planen bliver med Horizonten, indtil det tilsidst, naar Planen er fuldkommen horizontal, aldeles understöttes og sikkres mod Fald. Tyngdens Virkning paa Legemet svækkes altsaa i Forhold som man formindsker Heldningsvinkelen af Planen, hvorpaa Legemet bevæger sig, og Legemet, som herved fölger Tyngdens Love, maa derfor i samme Forhold gjennemlöbe mindre Rum. Da nu Hastigheden, hvormed et Legeme bevæger sig paa en skraa Plan, forholder sig til den, hvormed Legemet bevæger sig perpendiculair imod Horizonten, saaledes som Skraaplanens Höide forholder sig til dens Længde, og altsaa, dersom Planen var 3 eller fire Gange saa lang som höi, maatte Legemet, som bevægede sig paa denne Plan, ogsaa kuns gjennemlöbe $\frac{1}{3}$ eller $\frac{1}{4}$ af det Rum, som det i samme Tid vilde have gjennemlöbet ved det frie Fald; saa fölger deraf, at et Legeme netop behöver samme Tid for at gjennemlöbe en hvilkensomhelt Chorde som den verticale Diameter af en og den samme Cirkel, hvilket fremstilles synligen ved fölgende Instrument.

ANDET INSTRUMENT.

Fig. 2, a. En Stander eller flad Træstang AB (Pl. 6, Fig. 2) hviler og er befæstet paa det trebenede Fodstykke C; den sættes i fuldkommen vertical Stilling formedelst Skruerne D, D, D, hvilket det paa Stangen frithængende Lod udviser. Paa dette Stykke AB er fastgjort saavel en stor cirkelformig Træring RRR, som en lige Træstang EF, hvori efter dens hele Længde er udhulet en Rende, omtrent af 7 Liniers Dybde; denne Stang bevæger sig ved E i en Hængsel, og kan ifölge denne sin Bevægelighed forestille enhver Chorde i Halvcirkelen, som begjæres. Paa dette Stykke EF passer en firkantet Messing Indfatning G, der efter Behag kan skydes op og ned, samt med en Skrue fæstes til den yderste Peripherie af Træringen RRR. Paa deune Messing Indfatning G er desuden anbragt en Messingklap, som vender mod Renden i EF, og derved hindrer en liden Messingkugle som lægges i Renden, fra at falde, men som, naar man vil, kan med Lethed aabnes, hvorved Kuglen ruller ned igjennem Renden i EF. Denne Indretning er for mere Tydeligheds
Fig 2, b. Skyld forestilt særskilt ved EFG (Fig. 2, b). Paa den överste Ende af Stangen AB er ved Overkanten af Træringen RR befæstet et lidet langagtigt Træstykke H, hvorigjennem er boret fra oven og ned ad en Aabning af den Störrelse, at en liden Kugle af 6 til 7 Linier i Diameter kan falde derigjennem, Denne Aabning lukkes formedelst en liden Messingklap, som er befæstet ved en Hængsel til Træstykket H, og kan altsaa hænge enten verticalt ned i sin Hængsel, hvorved Aabningen er fri, eller og ligge horizontalt, hvorved Aabningen er lukket, saaledes at Kuglen ikke kan

falde ud. For at denne Klap kan holdes i den horizontale Stilling, er en Sideklap af hamret og fjederagtigt Messing anbragt paa Enden af Træstykket H, imod hvilken Bundklappen kan hvile. I Sideklappen er en Silkesnor befæstet, hvis anden Ende er fæstet i Klappen G, saaledes at man med et lille Ryk i Snoren paa eengang kan aabne begge Klapperne i G og H, hvorved begge Messingkuglerne paa engang falde, og imodtages i Kassen I, som dertil er anbragt imellem Instrumentets Fod, og den store Trærings underste Deel. Man befæster Stangen EF efter Behag ved Skruen G, paa hvilketsomhelst Sted af Træringen RRR, og lægger dernæst to ligestore Kugler omtrent af 6 Linier i Diameter, den ene under Pladen ved G, den anden paa Pladen som lukker Hullet i H; man trække dernæst i Silkesnoren ved K, saaledes at begge Klapperne paa eengang aabnes; begge Kuglerne ville da höres paa eengang at slaae imod Kassen I. Man befæste Stangen EF efter Behag paa et andet Sted af Træringen RR, hvorved den forestiller en anden Chorde af Halvcirkelen H G R E; man gjentage dernæst det samme, og man vil see, at begge Kuglerne ville paa eengang og i det samme Öieblik stöde imod Kassen I; saaledes viser dette Instrument, at den verticale Diameter og enhver Chorde af en Cirkel gjennemlöbes i samme Tidsrum, uden Hensyn til Diameterens Længde imod Chorden. Denne Sætning staaer saa nöie i Forbindelse med Læren om Pendulsvingningerne, at disse ikke ganske kunne forbigaaes, uagtet det meget lidet og ubetydelige, som Erfaring eller Forsög herved ere i Stand til at lære. — Man kalder et Pendul ethvert tungt Legeme, som er ophængt i en Traad eller Stang, hvis anden Ende er i Stand til at bevæge sig om det faste Punct, til hvilket det er befæstet. Oplöftes et saadant Legeme, ophængt i en Traad eller Stang, og overlades til sig selv, da vil det falde formedelst Tyngden; det erholder herved en Hastighed, ved hvilken det er i Stand til at stige til samme Höide som den, hvorfra det var faldet; den Bue som Legemet herved gjennemlöber, saavel ved sin Stigen, som ved sit Fald, kaldes Pendulsvingning eller (Oscillation). Den mathematiske Betragtning gaaer ud fra det enkelte eller ideale Pendul, hvor Traaden eller Stangen forestilles uden Tyngde, og Endepunctet alene som tungt. Det sammensatte Pendul kaldes det, hvor flere tunge Legemer hænge et over det andet paa Stangen, eller hvor Stangen selv har Tyngde. Uagtet der ikke gives noget enkelt Pendul, betragtes ethvert sammensat Pendul dog som saadant, og dets Længde regnes fra Ophængnings-Punctet og indtil Midtpunktet af Svingningen. Man ophænge paa det sidst beskrevne Instrument (Pl. 7, Fig. 2) et Pendul MR i M; man vil da erfare:

Plade VII. Fig. 2.

1. At Pendulet naaer ved sin Svingning samme Höide paa den anden Side af Svingningens laveste Punct E, som den, fra hvilken det er faldet.
2. At et Legeme, som bevæger sig i en Cirkelbue omkring dets Centrum, gjennemlöber denne Bue meget hastigere end Chorden af samme Bue.
3. At denne Forskjel bliver desto kjendeligere, jo större Cirkelbuen er som Legemet gjennemlöber.
4. At et Pendul af nogen betydelig Længde, som svinger i meget smaae Buer, udkræver omtrent den samme Tid til at fuldföre en Svingning, som den, der vilde udfordres til Faldet af et Legeme igjennem Chorden af den samme Bue.
5. At Vægten af Pendulerne ingen Indflydelse har paa Varigheden af deres Svingninger.
6. At Svingningerne af det samme Pendul, ere (for Öiet) isochroniske, eller ligevarende, uden Hensyn paa Störrelsen af Buerne, som det gjennemlöber.

Plade VII. Fig. 2.

7. At Penduler af forskjellig Længde fuldföre deres Svingninger i forskjellige Tidsrum, og at Tiderne, i hvilke Svingningerne vare, forholde sig som Qvadradrödderne af Pendulernes Længde; saaledes vil et Pendul, som er fire Gange saa langt som et andet, som LE, gjöre een Svingning, imedens det fire Gange saa korte Pendul NE gjör to Svingninger.

Det er ovenfor sagt, at Svingningerne af det samme Pendul ere isochroniske, dog er saadant ikkuns apparent, eller saavidt Öiet formaaer at skjelne, og ikkun i uendelig smaae Cirkelbuer, thi skulle Svingningerne i al Strenghed være fuldkommen isochroniske (ligevarende), da kan saadant ikkuns skee i Cycloidebuen. Cycloiden kaldes den krumme Linie, som et Punct af en rund eller kredsformig Plan beskriver, naar den ruller sig hen af en lige Linie; dens fornemste Egenskaber kunne gjöres anskuelige ved följende Instrument.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 3.

Imellem de tvende vertical staaende Stivere B og C (Pl. 7, Fig 3), som ere befæstede paa det horizontale Fodstykke A, gaae tre Messingrör eller Render, af hvilke Stykket DE udgjör en Deel af en Cycloide; FG udgjör en Deel af en Cirkelbue; HI fremstiller Chorden af denne Bue. K er en liden Messingplade, som er udskaaren saaledes, at den kan indsættes paa engang i alle tre omtalte Messingrender. I hver af de ovenmeldte to Render FG og HI lægges en liden Messingkugle af omtrent 6 Linier i Diameter, som holdes i den överste Ende af enhver af Renderne ved Hjælp af Pladen K. Tager man nu Pladen K bort, da ville begge Kugler i samme Öieblik begynde at falde, og man vil da see, at Buen FG gjennemlöbes hurtigere end den tilhörende Chorde HI, i hvorvel Slutningshastigheden, som den faldende Kugle paa hver af disse tvende Veie erholder, maa være den samme, eftersom Cirkelbuen FG er at ansee som en uendelig ofte brudt Skraaplan af samme Höide som Skraaplanen HI. Lægger man nu, ligesom ved forrige Forsög, en liden Messingkugle i enhver af de bueformige Render DE og FG, og lader dem begge paa eengang begynde deres Fald, da vil man see, at den cycloidalske Rende DE gjennemlöbes endnu hurtigere end Cirkelbuen FG.

Lægger man ved et andet Forsög en Kugle ved den cycloidalske Rendes överste Punct, og en anden Kugle paa hvilketsomhelst andet Punkt i samme Rende f. Ex. i Midten af Buen, og slipper begge Kugler paa eengang, da ville de i samme Öieblik naae Cycloidens Endepunct E, uagtet den ene ikkuns har gjennemlöbet den halve Bue, imedens den anden har gjennemlöbet den hele Bue. Saaledes viser da dette Instrument, at Cycloiden virkelig fortjener Navn saavel af Linien for det hurtigste Fald, som af Linien for de lige hurtige Fald (den brachystochroniske og isochroniske Linie).

§ 17.

Instrumenter, som vise Virkningen af Tyngden i Forbindelse med en anden Kraft.

Dersom flere Kræfter virke paa eengang og efter forskjellige Retninger paa et Legeme, da kan dette (saaledes som ovenfor er viist § 10) ikke följe nogen af disse Retninger særskilt; det maa följe Middelkraften og Middelretningen imellem de Retninger, under hvilke de forskjellige Kræfter söge at virke derpaa. Naar et Legeme kastes parallel med Horizonten eller skraa derimod, da maa det være underkastet Virkningen af tvende Kræfter, nemlig den fremkastende (projectile) Kraft, efter hvilken Legemet skulde vedblive at bevæge sig, enten parallel med Horizonten eller skraa derimod,

og dernæst den faldvirkende Kraft eller Tyngden, efter hvilken Legemet maa synke eller falde imod Jordens Midtpunct; Legemet maa derfor følge Middelretningen, efter hvilken disse Kræfter virke paa det, og da den kastende Kraft i og for sig selv maa ansees som en jevnt vedvarende Kraft, hvis Virkninger ere eensformige i lige store Tidsrum, men Tyngden derimod er en tiltagende Kraft, hvis Virkninger i lige store Tidsrum, ere i tiltagende Forhold som de ulige Tal 1, 3, 5, 7, 9, etc., saa maa Legemet mere og mere afvige fra Virkningen af den første, og derimod mere og mere følge Virkningen af den sidste Kraft, i Forhold til Tiden i hvilken denne sidste virker derpaa. Det kastede Legeme, som herved erholder en sammensat Bevægelse, beskriver saaledes den krumme Linie, som kaldes en Parabel, og som vises ved følgende Instrumenter. Plade VII.

FØRSTE INSTRUMENT.

ABCD (Pl. 7, Fig. 4) er en lodret staaende Træskive eller Plade, paa hvis Midte, tæt ved Kanten AC, er befæstet en Halvcirkel af Messing, hvoraf hver halve Deel paa sædvanlig Maade er inddeelt i 90 Grader. Diameteren af denne Halvcirkel staaer lodret, og fra dens Center udgaaer en bevægelig Alidade (forlænget Radius) af Messing EF, som er inddeelt i et Antal lige store Dele. Ved ethvert af disse Delingspuncter er en let flad Messingstang ophængt saaledes, at de samtligen, formedelst deres Tyngde, stedse hænge lodret, og altsaa indbyrdes parallelle med hinanden. Længderne af disse Messingstænger forholde sig indbyrdes som Qvadraterne af Ophængningspuncternes Afstande paa Alidaden fra Halvcirkelens Midtpunct; saaledes er den anden Stang 4 Gange, den tredie 9 Gange, den fjerde 16 Gange saalang som den første Stang, o. s. fr. Fig. 4.

Paa Træskiven sees Linien EG, som er trukken lodret paa Siden AC, og som altsaa er parallel med Horizonten. Instrumentet er bestemt til at gjöre den Bane anskuelig for Sandserne, som beskrives af ethvert Legeme, der udkastes enten parallel med Horizonten, eller under en skjæv Vinkel mod samme. EG forestiller herved Horizontal-Planen, og Stillingen af Alidaden paa Halvcirkelen bestemmer de Vinkler mod Horizonten, under hvilke Legemet kastes; de ligestore Dele hvori Alidaden er inddeelt forestille de ligestore Rum, som den kastende Kraft vilde have ladet Legemet gjennemlöbe i ligestore Tidsdele, hvi sden virkede ene. De paa Alidaden frit nedhængende Messingstænger, hvis Længder, som ovenfor er sagt, forholde sig som Qvadraterne af Ophængningspuncternes Afstande fra Halvcirklens Center, forestille de Rum, som Tyngden vilde lade Legemet gjennemlöbe, hvis den virkede ene. Stiller man nu Alidaden efter Retningen af Linien EG, da beskrive Endepuncterne af de nedhængende Messingstænger den halve Parabel, som Legemet gjennemlöber, naar det kastes parallelt med Horizonten. Giver man Alidaden enhver anden Retning over Linien EG, da beskrive de samme Endepuncter af Messingstængerne den hele Parabel, som Legemet gjennemlöber, naar det kastes skraat i Veiret, eller under en skjæv Vinkel mod Horizonten. Saaledes er Halvparabelen EH den Bue, som et Legeme vil beskrive, naar det udkastes parallel med Horizonten, altsaa i Retningen EG, og med en Kraft, tilstrækkelig til at naae Endepunktet G, naar det ikke formedelst Tyngden blev ledet fra den lige Retning EG; Parabelen EI, er Banen for Legemet, som med samme Kraft udkastes skraa imod Horizonten i Retningen EM; Parabelen EK er Banen for Legemet, udkastet under samme Omstændigheder efter Retningen EF; Parabelen EL er den Bue, som beskrives af Legemet, udkastet efter Retningen EN, o. s. fr. At, saaledes som dette Instrument viser, det Legeme, som kastes enten parallel med Horizonten, eller skraa mod Horizonten, ogsaa virkelig maa beskrive en halv eller heel Parabel, vil indsees at være en Følge af Maaden, paa hvilken den kastende

Plade VII. Kraft og Tyngden virke; thi da den kastende Kraft ophörer fra Udkastelsens Öieblik at virke paa Legemet, og ikke som Tyngden följer det under hele Bevægelsen, saa kan og den ved denne Kraft alene frembragte Bevægelse ikke være andet end eensformig, hvorved altsaa de i forskjellige Tider tilbagelagte Rum forholde sig som Tiderne; derimod maa Tyngden, som bestandig under Bevægelsen virker paa Legemet, frembringe en jævnvoxende Bevægelse mod Jordens Center, ved hvilken Bevægelse de i forskjellige Tider gjennemlöbne Rum maae forholde sig som Qvadraterne af Tiderne. Udkastes nu et Legeme i en Retning, som er parallel med Horizonten, da er Retningen af den ved Tyngden alene frembragte Bevægelse lodret paa Retningen af den alene ved den udkastende Kraft frembragte Bevægelse, og da nu de formedelst den udkastende Kraft alene gjennemlöbne Rum forholde sig som Tiderne, men de formedelst Tyngden alene gjennemlöbne Rum som Qvadraterne af Tiderne; saa forholde og de formedelst Tyngden alene gjennemlöbne Rum sig som Qvadraterne af de formedelst den udkastende Kraft alene gjennemlöbne Rum. Det udkastede Legeme, paa hvilket begge disse Kræfter paa eengang virke, beskriver altsaa en Bane, hvis Retning hvert Öieblik forandres, följelig en krum Linie, og i denne krumme Linie forholde sig de formedelst den ene af de lodret paa hinanden virkende Kræfter gjennemlöbne Rum som Qvadraterne af de formedelst den anden gjennemlöbne Rum. Men en krum Linie, der har disse Egenskaber, kaldes en Parabel, og et Legeme, som udkastes efter en med Horizonten parallel Retning, beskriver följelig en halv Parabel, da Legemet i Udkastelsens Öieblik har sin störste Höide. Udkastes derimod et Legeme efter en Retning, som danner en skjæv Vinkel med Horizonten, da kan den udkastende Kraft tænkes oplöst i tvende: en, som vil före Legemet parallel med Horizonten, og en anden, som vilde före det lige opad, eller i en paa Horizonten lodret Retning. Hver af disse Kræfter maa naturligviis tænkes at meddele Legemet en eensformig Bevægelse; men den förste Kraft vedbliver at virke under Legemets hele Bevægelse, hvorimod den sidste vil af Tyngden modvirkes, og omsider ophæves, fordi Tyngden medförer en accelereret eller voxende Bevægelse nedad, hvorimod den omtalte Kraft kun meddeler Legemet en eensformig Bevægelse opad. Fra det Öieblik af, at Tyngden har overvundet den opadstræbende Deel af den udkastende Kraft, vil altsaa den eensformige Deel af Legemets Bevægelse bestemmes blot ved den med Horizonten parallelle Deel af samme Kraft. Og da saaledes Legemets Bevægelse, saavel under den stigende som under den faldende Deel af samme, har været sammensat af en eensformig og en voxende Bevægelse, og de ved den sidste af disse gjennemlöbne Rum, som ved det förste Tilfælde er viist, forholde sig som Qvadraterne af de ved den förste gjennemlöbne, saa er og ved denne Bevægelse en Parabel fremkommen; og et Legeme, der udkastes under en skjæv Vinkel med Horizonten beskriver följelig en heel Parabel.

ANDET INSTRUMENT

til at vise Legemers parabolske Bevægelse under Faldet.

Fig. 5. AB (Pl. 7, Fig. 5) er et aflangt Bret, hvis fuldkommen horizontale Stilling tilveiebringes ved trende i AB anbragte Stilskruer. Dette Bret tjener til Fodstykke for en derpaa lodret staaende Træplade CE, til hvilken der i C er befæstet en Snor med et Lod, der tjener til at vise den verticale Stilling af Linien CA, og den deraf följende horizontale Stilling af Brettet AB. I denne Træplades överste bueformige Deel er indplöiet en Rende af 6 til 7 Liniers Brede. Til Bagsiden af CD stötter sig endnu en Træplade EF, paa hvilken ere optrukne nogle horizontale og nogle

verticale Linier, saaledes, at de verticale Liniers Længde, talte fra den ovennævnte Rendes Endepunct E, forholde sig som Qvadraterne af de tilsvarende horizontale Liniers Længde. Heraf följer da, at den gjennem de horizontale Liniers Endepuncter trukne krumme Linie er en Halvparabel. Plade VII.

Paa et Par Steder af denne krumme Linie ere anbragte tvende fra Stykket EF i vertical Stilling udstaaende Ringe, omtrent en Tomme i Diameter, og ved Enden af den et lidet rundt Hul G af samme Störrelse.

Man lader en Messingkugle, omtrent 6 Linier i Diameter rulle ned igjennem Renden CE fra dens överste Endepunct C. Denne Kugle vil da herved erholde en med Horizonten parallel eensformig Bevægelse, formedelst hvilken den, da Tyngden tillige virker, vil, efter at have forladt Renden, sees at falde gjennem begge Ringene og blive liggende i Hullet G. Kuglen beskriver altsaa herved den paa Planen aftegnede halve Parabel.

TREDIE INSTRUMENT,

hvorved et Legeme kastes i Veiret, og gjennemlöber en heel Parabel.

AB (Pl. 7, Fig. 6) er en lille Vogn paa fire Hjul, som sees her i Perspectiv, i Fig. 8 i Gjennemsnit og i Fig. 7 i Plan fra den underste Side. Ethvert Par at Hjulene paa denne Vogn, saavel de forreste C og D, som bageste E og F ere saaledes befæstede til deres Axer, at de ikke kunne bevæges, uden tillige at sætte Axerne i Bevægelse. Disse, som ere af Staal, dreie sig i de paa Vognens underste Side befæstede Messingbösninger H, H, H, H (Fig. 7). Paa Midten af Vognen er befæstet et Messingbæger G, gjennem hvis Bund gaaer en bevægelig Tap I, der kan glide op og ned. Paa Undersiden af Vognen, bag ved Hjulene E og F, er anbragt en Messingkapsel eller et Fjederhuus K, hvori er en sammenrullet elastisk Uhrfjeder, som paa Siden har et takket Hjul med en Spærhage, hvorved Uhrfjederen hindres fra at virke för det begjæres. Paa Peripherien af denne Kapsel K er fastgjort en Tarmstræng, hvis anden Ende vikler sig om en Elfenbeens Skruegang L, der er befæstet lige over for Fjederhuset K paa den forreste Axe imellem Hjulene C og D. Denne Skruegang L, der ligesom Sneglen i et Uhr har en kegleformig Figur, tjener til at gjöre Bevægelsen eensformig, som fremkommer ved Strængens Afvikling. Paa den forreste Ende af Vognen A er befæstet en stærk og temmelig tyk elastisk Staalfjeder M, som böier sig hen til den gjennem Bunden af Bægeret G bevægelige Tap I. Paa det Sted under Vognen, hvor denne Staalfjeder ender, er befæset en Plade af Messing med en liden Stander N (Fig. 7, og efter forstörret Maalestok Fig. 8), i hvilken der bevæger sig en Staalhage O paa en Stift ved U. Denne Hage stilles ved Hjælp af en lille Stillepind P formedelst de paa O og paa P ved T anbragte smaae Stifter, saaledes, at Staalfjederen M kan hvile derpaa og hindres fra at springe op mod Tappen I i Bægeret G, forinden man önsker det. Omtrent paa Midten af Standeren N, (Fig. 8) er et Indsnit, hvorimod Fjederen M slaaer, efterat den har skudt Tappen I i Veiret, da denne ellers formedelst Slaget af Fjederen let kan beskadiges. Paa Axen af Hjulene E og F er fastgjort en Snor, der vikler sig om denne, og ender sig i en aaben Lökke, hvori Stillepinden P kan lægges; Snoren styres ved en lille Klemme Q (Fig. 7). Paa Overdelen af Vognen er anbragt en lille Hage R (Fig. 6), som sættes mod Forhjulet C, og saaledes hindrer disse Hjuls Axe fra at bevæge sig för Experimentator önsker det. S (Fig. 7) er en svær Blyplade, som er fastskruet under Vognen for at betynge den, og saaledes gjöre dens Gang desto sikkrere.

Fig. 6. Fig. 7. Fig. 7 og 8. Fig. 7.

Plade VII. Naar Forsög med dette Instrument skal anstilles, sætter man Vognen med dens underste Side i Veiret, saaledes som Fig. 7 viser, vikler Tarmstrængen om Skruegangen L paa Axen af Hjulene C og D, ved at dreie disse Hjul rundt, hvorved Uhrfjederen i Fjederhuset K spændes, og spærrer dernæst Forhjulene C og D ved Hagen R. Derefter spænder man Fjederen M formedelst Hagen O og Stillepinden P, efterat denne sidste er lagt i Lökken af Snoren, som kommer fra
Fig. 6. Axen af Hjulene E og F. Man vender derpaa Vognen igjen i sin rigtige Stilling som Fig. 6 viser, og sætter den paa en fuldkommen horizontal Plan, efter at have lagt i Bægeret en lille
Fig. 8 Elfenbeenskugle af 6 til 7 Liniers Diameter, saaledes som Fig. 8 viser. Hagen R, der har spærret Forhjulene C og D lösnes nu, hvorpaa Uhrfjederens Elasticitet vil begynde at virke; den dreier
Fig. 7. Kapselen eller Fjederhuset K (Fig. 7) hvori den er indesluttet, og afvikler altsaa Tarmstrængen fra Axen mellem C og D. Herved drages denne og följelig ogsaa Hjulene rundt, hvorved da hele Vognen sættes i Bevægelse.

Saasnart Hjulene E og F dreie sig med deres Axe opvikles den paa Axen anbragte Snor
Fig. 8. saaledes, at den tilsidst trækker Stillepinden P nedad. Herved bliver Hagen O (Fig. 8) fri, og Fjederen M, som hidindtil hvilede derpaa, slaaer nu med Kraft imod Tappen I i Bægeret G. Det Stöd, som Tappen I saaledes faaer af Staalfjederen, meddeler den i samme Öieblik til den i Bægeret værende Kugle, hvorved denne kastes i Veiret. Kuglen skulde nu följe tvende eensformige Bevægelser; en lodret opstigende formedelst Stödet, og en anden parallel med Horizonten, fordi den var deelagtig i den Bevægelse, som Vognen allerede har. Disse to Bevægelser frembringe en tredie, der ligesom hine er eensformig, men danner en skjæv Vinkel mod Horizonten, og denne tredie vil da i Forbindelse med den accelererede Bevægelse, som Tyngden fremvirker, lade Kuglen beskrive en Parabel. Da den med Horizonten parallele Deel af Kuglens eensformige Bevægelse gaaer frem med samme Hastighed som Vognen, saa vil og Kuglen följe med Vognen, og derfor, efter at have fuldendt sin Parabel, igjen falde ned i Bægeret G paa Vognen.

Uagtet begge disse sidste Instrumenter temmelig nöiagtig fremstille saavel den hele, som den halve Parabel, hvilken Legemerne beskrive, naar de ere underkastede Virkningen af en fremstödende Kraft i Forening med Tyngden, kunne de dog ikkun fremstille een og samme krumme Linie. De kunne altsaa aldeles ikke vise hvad Indflydelse den större eller mindre Hastighed under Legemets fremskridende eller horizontale Bevægelse har paa dets Bane, de kunne ei heller fremstille de forskjellige Virkninger af Tyngden paa Legemet i Forhold til den Tid, det behöver for at gjennemlöbe sin krumme Bane, eller i Forhold til de forskjellige Höider, fra hvilke den virker paa Legemet under Faldet, og den större eller mindre Grad af stigende eller faldende Hastighed, som Legemet derved erholder, hvilket med det följende Instrument kan vises, da det staaer i Experimentators Magt med saamegen Nöiagtighed, som Forsög og practisk Erfaring nogenlunde tilstede, forud at bestemme de Parabeler som Legemet vil gjennemlöbe i Forhold til de erholdte Hastigheder, til de brugte Tider, og til de forskjellige Retninger eller Vinkler mod Horizonten, under hvilke Udkastningen skeer, saavelsom til de forskjellige Tider, i hvilke Tyngden virker paa det. Af denne Aarsag troer jeg ogsaa, at Beskrivelsen af dette Instrument, uagtet det er noget sammensat, og Anskaffelsen deraf noget kostbar, ikke destomindre vil være alle dem velkommen, som beskjæftige sig med den experimentale Physik.

FJERDE INSTRUMENT,

hvorved fremstilles forskjellige Parabeler og Halvparabeler, i Forhold til de forskjellige Omstændigheder, under hvilke en fremkastende Kraft i Forening med Tyngden virker paa et Legeme.

ABCD (Pl. 8) er et stort firkantet Mahognibord, som hviler paa 6 Been. Bordpladen, der som et Billiard er forsynet med en med Klæde overtrukket Bande, er en meget glat sleben og fiint poleret Marmorplade. Ved Hjælp af de 6 Stilskruer e, e, e, e, e, e, som bevæge sig imod Staalplader, der ere indfalsede i Gulvet, saaledes som Figuren viser, lader Bordet sig stille fuldkommen horizontalt. **EF** er den i § 15 beskrevne Atwoodske Faldmaskine, kuns med den Forskjel, at ved dette Instrument er Fundamentet GH bevægeligt, og understöttet af 4 meget let bevægelige Hjul. Dette Fundament, som jeg vil kalde *Vognen*, sees særskildt fremstillet efter en större Maalestok Plade 9, Fig. 1 og 2, og Plade 10, Fig. 11. Plade VIII.

IK er et Uhrværk, bestemt til at sætte Vognen med Faldmaskinen i Bevægelse med den Grad af Hastighed, som Experimentator begjærer. Dette Uhr, som jeg kalder *Hastighedsbestemmeren* eller *Styreren*, sees særskildt efter forstörret Maalestok Pl. 9, Fig. 9. **LM** er et Stativ bestemt til at modtage Vægtene **N**, som fra Uhrværket synke ned derpaa, hvorved Vognens Bevægelse forandres fra tiltagende eller accelereret, til eensformig eller uniform. Dette Stativ sees særskildt efter forstörret Maalestok Pl. 10, Fig. 10.

COPQ er en stor Ramme overtrukket med hvidt Papir, hvorpaa er tegnet en Deel af de Parabeler og Halvparabeler, som ved dette Instrument kunne forestilles under forskjellige Omstændigheder. Denne Ramme med sin Papirsflade kan borttages, og sees særskildt efter forstörret Maalestok Pl. 11. **R** er en Tidsmaaler, der er noget forskjellig fra de sædvanlige ved den Atwoodske Faldmaskine, og har en Form som de saakaldte Portraituhre. Da imidlertid enhver Tidsmaaler, som nöiagtig angiver Secunder, hertil er anvendelig, saa forbigaaes her videre Beskrivelse deraf; den findes afbildet Pl. 9, Fig. 13, 14 og 15. **S** er en Skive eller tyk Plade af Bly, som sees særskildt afbildet Pl. 9, Fig. 6.

Fundamentet til Faldmaskinen eller *Vognen* bestaaer af et langagtigt eller firkantet Bret af Mahognitræ **ABCD** (Pl. 9), hvis Overside sees Fig. 1, og Undersiden Fig 2. Dette Bret hviler paa fire meget nöiagtigen afdreiede Messinghjul, som bevæge sig i deres vel afdreiede Bösninger paa ligesaa nöiagtigen forfærdigede runde Staalaxer. paa hvilke de fastholdes ved Skruerne e, e, e, e. Axerne ere befæstede til Underdelen af Vognen **ABCD**, saaledes som Fig. 2 viser. Ved **E** (Fig. 1) er Stötten af Atwoods Faldmaskine indsat, som fastholdes til Fundamentet ved Hjælp af den stærke Skrue **E** (Fig. 2), som griber ind i en i Stötten indfalset Skruemöttring. **FF** (Fig. 1) ere tvende smaae flade Messingstænger, som ende sig i Halvcirkler, og som ere fastskruede ligeover for hverandre; de tjene til at Vægten **A** (Fig 7) kan hvile derimod, saaledes som sees paa Pl. 8. Plade IX. Fig. 1 og 2.

GHI (Fig. 1) ere tvende flade Messingstænger, som ere forestillede efter en större Maalestok Fig. 3. Enhver af disse Stænger er fæstet til Overdelen af Vognen Fig. 1 ved Skruen **H**, om hvilken den kan dreies eller bevæges. Denne Stang bærer ved **G** en liden vertical staaende Plade, hvori er et lidet Öie eller Hul, for deri at kunne binde eller befæste en tynd Silkesnor. Paa den anden Ende af Stangen befindes en noget længere, ligeledes verticaltstaaende Plade, der er gjennemskaaret efter dens Længde saaledes, at en mindre horizontaltstaaende Plade **I** deri kan bevæge sig op og ned, og Fig. 3.

Plade IX. befæstes paa ethvert Sted ved Hjælp af en liden Skrue. Til Midten af Vognens verticale Kant AC (Fig. 1) er en Messingplade K fastskruet; den bærer fire Tridser, hvoraf de tvende ere verti-
Fig. 1. caltstaaende, den ene over den anden; de tvende horizontaltliggende ved Siden af hverandre, saaledes,
Fig. 4. som efter forstörret Maalestok sees i Fig. 4. Enhver af disse Tridser har sin egen Gaffel, hvori den bevæger sig paa meget fine, velpolerede Staalspidser.

Fig. 2. Omtrent paa Midten af Vognens underste Side (Fig. 2) er fastskruet en Messingplade L med tilhörende Indretninger, for at bevæge eller dreie en af Stængerne GHI (Fig. 1 og 3). Den sees
Fig. 5. forstörret Fig. 5, hvor AB forestiller Pladen, som er fastskruet til Vognen, og hvorfra udgaae de tvende smaae verticale Stænger C og D, som bære Pladen EF saaledes, at denne kan dreie sig rundt om Endepunkterne af Stængerne C og D. I den överste Ende af Pladen EF er et lidet Hul, hvori en Silkesnor er fastgjort. Denne Silkesnor gaaer under Vognen hen til Stykket K (Fig. 1 og 2), over begge de verticaltstaaende Tridser, og igjennem den ene af de horizontaltliggende, for at ind-
Fig. 1 og 2. hæftes i en af Stængerne GHI, saaledes som Fig. 1 og Fig. 2 udviser. Længden af Silkesnorene er
Fig. 5. saaledes, at Pladen EF (Fig. 5), ifölge sin naturlige Tyngde, maa hænge perpendiculairt ned fra Pladen AB imellem Stængerne C og D, saaledes som den punkterede Linie BG viser. Bringes Pladen i en skraa Retning saaledes, at Underdelen G flyttes efter den punkterede Linie fra G til F, da kan saadant ikke finde Sted uden at Overdelen E af Pladen tillige bevæger sig i modsat Retning, hvorved Silkesnoren tvinger den af Stængerne GHI, hvortil den er bunden, til at bevæge sig om sit Stöttepunkt H, saa at Enden G nærmer sig til K, medens at Enden I bortfjerner sig fra Halvcirkelen F. Da enhver af disse Stænger er en uligearmet Vægtstang, hvis ene Arm HI er næsten to og en halv Gang saa lang som den anden Arm HG, saa följer deraf, at en meget ubetydelig Bevægelse af Snoren og Endepunktet G paa Stangen GHI maa frembringe en temmelig betydelig Bevægelse efter den modsatte Retning i Stangens anden Ende I. For med saamegen mere Lethed og Bequemme-
Fig. 2. lighed at kunne befæste Silkesnoren, som kommer fra Pladen L (Fig. 2) i den af Stængerne GHI, som Forsöget med Instrumentet maatte udkræve, er en lille Stang eller Traad af Messing befæstet til
Fig. 4. Enden af Snoren, saaledes, som S (Fig. 4) viser. Denne lille Stang S trækkes igjennem Aabningen G paa den af Stængerne GHI (Fig. 3) som skal tjene til Forsöget, da Snoren til den Ende lægges over den ene eller den anden af de horizontaltliggende Tridser (Fig. 4).

Fig. 5. Til at frembringe den ovenomtalte Bevægelse af Pladen EF, (Fig. 5), naar Vognen er i
Fig. 6. Bevægelse, tjener Skiven S, (Pl. 8) som sees tydeligere Pl. 9, Fig 6, hvor AB forestiller en rund Skive af Bly paa nogle Punds Vægt. Paa denne Skive er ved B befæstet en verticaltstaaende lille Klemme eller Tang, hvori en langagtig Messingplade C kan löftes op og ned og fastholdes ved en Skrue. Man indseer, at naar denne Skive ligger paa det store Marmorbord (Pl. 8), saaledes at Faldmaskinen og Vognen EFGH ikke kan komme den forbi uden at stöde derimod med Klappen L (Pl.
Fig. 2 og 5. 9 Fig. 2) og EF (Fig. 5), da maa den ovenomtalte Bevægelse af Stangen GHI (Fig. 1) finde Sted,
Fig. 7. og Vægten A (Fig. 7), som holdes af Pladen I (Fig. 3), saaledes som Pl. 8 viser det, maa derved blive fri, saaledes at Tyngden nu kan virke paa den modsatte Vægt af Faldmaskinen. Af denne
Fig. 6. Aarsag benævner jeg Skiven S, (Pl. 8 eller Pl. 9, Fig. 6): *Löseren.*

Fig. 1. I den övre Side af Vognen Pl. 9, Fig. 1 er en firkantet Fals eller Fordybning, i hvilken en deri passende Marmorplade MNOP er indlagt. Denne Plade kan stilles fuldkommen horizontalt, og löftes eller sænkes i Vognen efter Behag, formedelst de fire Stilskruer Q, Q, Q, Q, paa den underste
Fig. 2. Side af Vognen (Fig. 2). Paa Midten af den verticale Kant BD af Vognen (Fig. 1) er en Messing-

bösning med Tridse og Krog befæstet, hvilken sees ved U (Pl. 8) og efter större Maalestok Pl. 9, Fig. 8. Gaflen til Tridsen A ender sig i en Stang, der glider op og ned igjennem Bösningen B og kan fastsættes deri efter Behag ved Skruen C. D er en Krog, hvori den ene Ende af en Silkesnor er befæstet, hvis anden Ende vikler sig om en af Tridserne paa Uhrværket (Fig. 9). Ved denne Indretning kan Snoren, som fra Uhrværket IK (Pl. 8) bevæger Vognen, stedse være i en fuldkommen horizontal Retning, uden Hensyn til hvilken Tridse paa Uhrværket den er viklet om. Hjulværket eller Styreren (Pl. 9, Fig. 9), hvis Bestemmelse er at sætte Faldmaskinen og Vognen i Bevægelse med den forskjellige Grad af Hurtighed, som maatte begjæres, bestaaer af en Valtse A, over hvilken der er viklet en Tarmstræng, som bærer de fornödne Vægte for at sætte Hjulværket i Bevægelse. Valtsen A er forsynet med en tagget Rand, som griber ind i Drevet B af et andet Tandhjul C, hvilket atter griber ind i en Skrue uden Ende D, der bærer Vindfanget E. Paa Axen af Valtsen A sidde de trende Tridser F, G og H, befæstede dertil formedelst et Tandhjul og en Spærhage, som findes paa den yderste Side af den störste Tridse; men som ikke kan sees paa Tegningen. Tridserne kunne da baade bevæge sig tilligemed Axen, og ligeledes dreie sig rundt uagtet Axen er stille. Som Følge af denne Indretning kunne da Vægtene fra Valtsen A löftes i Veiret ved Hjælp af Nöglen (Fig 10), uden at Tridserne bevæge sig eller dreie sig rundt. I Omkredsen af hver af disse Tridser er indskaaren en tilstrækkelig Fordybning, for at Snoren, der vikles om dem, ikke skal glide derfra. Tridserne forholde sig saaledes til hverandre, at den midterstes Omkreds er en og en halv, og den störstes eller yderstes to Gange saa stor som Omkredsen af den mindste. Hele Hjulværket er befæstet i de tvende Messingstandere MN, MN, der atter ere forbundne med hverandre ved et Tverstykke af Messing.

Plade IX. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

Naar Silkesnoren, som med den ene Ende er indheftet i Krogen paa Vognen (Pl. 9, Fig. 1 og 2) og U (Pl. 8), vikles om en af ovennævnte Tridser, og heftes dertil ved Hjælp af en lille Stift, som til den Ende er indsat paa Omkredsen af enhver Tridse, da indsees, at Hjulværket eller Styreren vil, saasnart den sættes i Bevægelse, formaae Vognen og Faldmaskinen EFGH (Pl. 8) til at bevæge sig frem paa Marmorpladen af Bordet ABCD, efter Retningen UI. Vindfanget E paa Hjulværket, hvis Bestemmelse er at frembringe en eensformig Bevægelse af Hjulværket, sees særskildt forestillet efter en forstörret Maalestok Pl. 9, Fig. 11. Afstanden imellem begge Klapperne eller Vingerne C og D kan forlænges eller forkortes efter Behag, hvorved altsaa foraarsages en större eller mindre Modstand af Luften. Vingerne C og D ere befæstede paa de tvende smaae Standere E, E, der kunne bevæge sig paa deres Tappe i Stykkerne A og B. Omkring Foden af enhver af disse smaae Standere er omvunden og befæstet en lille Spiralfjeder saaledes, at Vingerne C og D ikke kunne bevæge sig uden at spænde denne Fjeder, hvoraf altsaa følger, at Vingerne udbrede sig mere og mere, indtil de komme til at staae i lige Linie med AB, alt i Forhold til den större eller mindre Modstand af Luften, og altsaa og i Forhold til den större eller mindre Hastighed, hvormed Vindfanget dreies omkring ved Hjulværket.

Fig. 1 og 2. Fig. 11.

For at hindre Hjulværket fra at bevæge sig förend det begjæres, uagtet Vægtene allerede ere paahængte paa Valtsen A, Fig. 9, tjener den lille Gaffel Fig. 12, som sættes mod Vinfanget og altsaa hindrer dette fra at bevæge sig, hvorved da tillige det hele Hjulværk er standset. Styreren (Fig. 9) er indfalset i et Bret IKL, som er befæstet til Bordet ABCD (Pl. 8) ved Skruer paa Kanten af Bordets smalleste Side BD. Vægtene, ved hvilke Hjulværket i Styreren (Pl. 9, Fig 9) sættes i Bevægelse, ere forestillede Pl. 10, Fig. 1, efter forstörret Maalestok. Tarmsnoren, som kommer fra Valtsen A, og hvori er indbundet en lille Krog, bærer den överste Deel af Vægten, B.

Fig. 9 og 12. Plade X. Fig. 1

Plade X. Denne er særskildt forestilt Fig. 2, og bestaaer af en rund Messing- eller Blyplade A, i hvis Midte er et lidet Hul, hvorigjennem en Messingstang B er indbragt, som foroven og forneden ender sig i et Öie. Ovenpaa denne Skive A lægges en eller flere Messing- eller Blyskiver eftersom det behöves, hvilke alle maae være gjennemskaarne fra Kanten og ind til Midten, saaledes som Skiven C. En Tarmsnor, som i hver Ende bærer en lille Krog, er indhæftet med den ene Krog i det underste Fig. 2. Öie af Stangen B (Fig. 2) og med den anden Krog i Öiet af Vægten C (Fig. 1), som er særskildt Fig. 3. forestilt i Fig. 3. Den bestaaer af en rund Messingskive eller Plade D, hvori en Messingstang E, hvis överste Ende danner et Öie, er indloddet eller fastskruet, og hvorpaa lægges en eller flere Plader, eftersom Forsöget maatte udkræve det. Disse Plader maae, som ovenfor er sagt, være saaledes gjennemskaarne fra Kanten og indtil Midten, som Pladen F. Paa Snoren, som gaaer fra Fig. 1. Vægten B til C (Fig. 1) sees tvende smaae Skruer eller Klemmer D og E, hvoraf enhver bestaaer Fig. 4, 5, 6. af tvende Stykker, som sees i naturlig Störrelse Fig. 4, 5 og 6. Overdelen A (Fig. 6) er en coniskdannet huul Tapskrue med et fiirkantet Hoved. Den egentlige Skrue er gjennemskaaret med et Korssnit paa sin hele Længde saaledes, at den udgjör 4 smaae Plader. Da den er conisk, og dens Huulhed saaledes, at den netop kan glide over Tarmsnoren, saa vil den ved at skrues i Huulskruen klemme sig fast om Tarmsnoren, saaledes, at den kan befæstes derpaa paa hvad Sted det Fig. 5 og 6. begjæres. Den seer da ud saaledes, som Fig. 6 og Gjennemsnittet Fig. 5 viser, og tjener til derpaa Fig. 7 og 8. at lægge en af de ovenbeskrevne Plader, saaledes som sees Fig. 7 og 8 i Gjennemsnit. F (Fig. 1) Fig. 9. er en liden Kapsel af Messingblik, som lægges om den underste Vægt C, saaledes som Fig. 9 viser i Gjennemsnit, og tjener til at modtage Vægtene, som sidde paa Tarmsnoren ved D eller E (Fig. 1). Af de ovenfor beskrevne Plader eller Vægte udkræves en Deel af forskjellig Vægt, fra to Pund og nedad indtil enkelte og halve Lod.

Fig. 10. AB (Fig. 10) er et Stativ hvoraf Pladen eller Tallerkenen A kan skrues op eller ned i Fodstykket B. Henimod Kanten af Tallerkenen A er et lidet rundt Hul, i hvilket den fiirkantede Stok C kan dreies rundt paa en Tap. Denne Stok er afdeelt efter Tommemaal saaledes, at Nulpunktet rörer ved Kanten af Tallerkenen og Inddelingen gaaer fra neden af opad; enhver Tomme er igjen afdeelt i 10 Linier. Paa Stokken C bemærkes de tvende smaae Stænger D og E, som kunne glide derpaa, og formedelst en Skrue befæstes paa hvilketsomhelst Sted af den. Ved Hjælp af disse Stænger er man istand til nöiagtig at bestemme den Frastand, som man vil have imellem den Fig. 1. nederste Kant af Vægten C (Fig 1) og Tallerkenen A (Fig. 10), saavelsom og den Höide, i hvilken man vil befæste een eller begge de smaae Skruer D og E paa Tarmsnoren forinden Forsöget begynder, eller Styreren sættes i Gang.

Efter Beskrivelsen af enhver enkelt Deel, som henhörer til dette Instrument, vil man skjönne, at Flid og Nöiagtighed ved Forfærdigelsen deraf ere Fordringer, paa hvilke Udfaldet af de Forsög, som dermed anstilles, ene beroe, og at i Særdeleshed alt det, som kan formindske Frictionen ved Bevægelsen af Faldmaskinen og Vognen, er vigtigt herved. Marmorbordets fuldkommen vandrette Stilling og gode Politur, Vognaxernes og Hjulenes nöiagtige Afdreining og Slibning paa hinanden ere væsentlige Dele herved. Et Middel, som meget vilde bidrage hertil, maa upaatvivlelig være, dersom Fig, 16. Hjulene bleve indrettede saaledes, som Pl. 9, Fig. 16 forestiller, hvor sex smaae Frictionsruller ere befæstede i Naven af Hjulene, paa hvilke den vel afdreiede Axe bevæger sig.

Plade XI. Papiir-Skjermen eller Væggen COPQ (Pl. 8) er særskilt forestilt Pl. 11. Paa begge dens verticale Sider eller Rammestykker RT og SQ ere 48 Tommer nöiagtig afsatte efter Höiden af Scalaen

paa Faldmaskinen, saaledes at man baade kan tælle fra oven nedad og fra neden opad. De tvende horizontale Sider QR og ST ere ligeledes afdeelte i 48 Tommer, saaledes, at den 48de Tomme staaer paa det Sted, hvor Vægten U eller W paa Faldmaskinen befinder sig, naar Vognen slaaer mod Banden DB af Bordet. Paa den underste Side ST af Skjermen ere tre parallelle Maalestokke af 48 Tommers Længde afsatte i samme Afstand fra begge Hjörnerne, som paa den överste Side. Den överste af disse Maalestokke er inddeelt i 12 lige Dele, enhver paa 4 Tommer; den midterste i 8 lige Dele, hver paa 6 Tommer og den underste i 6, altsaa enhver paa 8 Tommer. Plade XI.

Paa Skjermen ere nogle af de forskjellige Parabeler og Halvparabeler forestillede, som kunne fremstilles ved dette Instrument. Saaledes tjene de tvende horizontale Rammestykker eller Sider af Skjermen, til derpaa at see den Hastighed, med hvilken et Legeme i et vist Tidsrum følger Virkningen af en projectil, eller fremkastende Kraft, medens de verticale Sider af Skjermen tillige vise Virkningen af Tyngden paa det samme Legeme i det samme Tidsrum.

Instrumentets Brug.

Det Legeme, paa hvilket Tyngdens Virkning i Forening med Virkningen af en projectil Kraft skal vises ved Hjælp af dette Instrument, forestilles ved en af Vægtene, som ere ophængte over det store Hjul paa Faldmaskinen EF (Pl. 8) paa hvilken Tyngden virker i Forhold til den Masse, med hvilken den overgaaer den paa Hjulets modsatte Side ophængte Vægt, medens den tillige bevæges i en horizontal Retning ved det, at Vognen og Faldmaskinen EFGH drages frem af Hjulværket eller Styreren IK. Man indseer, at den Bane, som det Legeme, der underkastes disse tvende Bevægelser, gjennemlöber, maa være afhængig af den större eller mindre Intensitet, med hvilken den ene eller den anden af de ovennævnte Kræfter virker derpaa, da der herved bestemmes den större eller mindre Hastighed, med hvilken Legemet i samme Tidsrum adlyder Virkningen af den ene Kraft fremfor den af den anden. Saaledes vil det Legeme, der i en vis Tidsdeel f. Ex. 4 Secunder formedelst Tyngden falder igjennem et Rum af 48 Tommer, imedens det i samme Tidsdeel ved den horizontale Bevægelse eller projectile Kraft gjennemlöber 24 Tommer, beskrive en Halvparabel forskjellig fra den, der fremkommer, naar Legemets horizontale Hastighed er saaledes, at det i samme Tidsdeel gjennemlöber 48 Tommer. Disse tvende Halvparabeler sees Pl. 11 i de krumme Linier a, a^{VI} og a, c^{VI}. Ligeledes ville de Halvparabeler være forskjellige, som beskrives af det samme Legeme, naar det med den samme horizontale Hastighed f. Ex. ved den Kraft, der lader det gjennemlöbe 48 Tommer, i samme Tid formedelst Tyngden falder igjennem et Rum af 48 Tommer, eller igjennem et, der kun er 36 Tommer. Disse Halvparabeler sees Pl. 11 i de krumme Linier a, c^{VI} og a, d^{VI}.

Den större eller mindre Hastighed formedelst Tyngden erholdes ved dette Instrument ved den större eller mindre faldvirkende Kraft, der er en Følge af det forskjellige Forhold imellem de Vægte, der ere ophængte over det store Hjul paa Faldmaskinen, saaledes som ovenfor er viist. Den större eller mindre Hastighed under den horizontale Bevægelse er derimod en Følge af det forskjellige Forhold imellem Tridserne i Styreren IK (Pl. 8 og Pl. 9, Fig. 9) ved hvilken Vognen og Faldmaskinen sættes i Bevægelse, thi da Peripherien af den störste Tridse forholder sig til Peripherien af den mindste Tridse, som 2 : 1, saa maa ogsaa Vognen og Faldmaskinen, naar Snoren, som kommer fra Vognen, er viklet om den störste Tridse, bevæge sig med en Hastighed, der er doppelt saa stor som den, hvormed de bevæge sig, naar Snoren er viklet om den mindste, saafremt

Plade VIII.

ellers de Kræfter, der under begge Omstændigheder udfordres for at frembringe den förste Bevægelse, ere i det fornödne Forhold til hinanden.

Det er ovenfor viist, at den Bevægelse, som fremkommer formedelst Tyngden, er tiltagende, og at et Legeme, der i et vist Tidsrum har erholdt en vis Hastighed ved en tiltagende Bevægelse, vil i det paafölgende ligestore Tidsrum bevæge sig ved den eensformige Bevægelse med en doppelt saa stor Hastighed, som den forrige (§ 15). Naar derfor Faldmaskinen og Vognen sættes i Bevægelse af Vægten N, som er befæstet ved Styreren I (Pl. 8), da maa den bevæge sig med tiltagende Hastighed, efterdi Vægten N synker formedelst Tyngdens Virkninger; derimod vil Vognens og Faldmaskinens tiltagende Bevægelse forandres til eensformig, naar Kraften ikke længere virker derpaa, eller med andre Ord, naar Tyngdens Virkning paa Vægten, der sætter Vognen i Bevægelse er i fuldkommen Ligevægt med Vognens Friction imod Bordet.

Til at frembringe denne eensformige Bevægelse af Vognen og Faldmaskinen er Vægten N (Pl. 8) bestemt. Denne sees i sin virkelige Skikkelse Pl. 10, Fig. 1, hvor Loddet B er den Vægt, som netop behöves for at overvinde Frictionen af Vognen mod Bordet, og hvor Loddet C er den Vægt, som sætter Vognen og Faldmaskinen i en Bevægelse med tiltagende Hastighed. Bringer man Stativet AB (Pl. 10, Fig. 10) midt under Loddet C (Fig. 1), saaledes, at dette er i en vis Afstand fra Tallerkenen eller Pladen A af Stativet, efter först at have stillet Vognen med Faldmaskinen imod Kanten AC af Marmorbordet ABCD (Pl. 8), samt lagt Snoren, der kommer fra Vognen over en af Tridserne i Styreren I, og man dernæst borttager Gaffelen, som standser Bevægelsen af Hjulværket i Styreren, da vil Loddet C (Pl. 10, Fig. 1) formedelst Tyngdens Virkninger falde eller synke, og derved sætte Vognen i Bevægelse med tiltagende Hastighed. Denne vedvarer indtil Loddet C berörer og hviler paa Pladen A af Stativet Pl. 10, Fig. 10; thi fra dette Öieblik af virker alene Loddet B (Pl. 10, Fig. 1) paa Vognens Bevægelse, og da Virkningen af denne Vægt nöiagtig er i Ligevægt med Vognens Friction mod Bordet, saa kan dennes Bevægelse betragtes, som om aldeles ingen Friction fandt Sted. Hastigheden, hvormed Vognen bevægedes, vil da forandres fra tiltagende til eensformig, og denne maa da vedblive saalænge at gaae frem i ethvert paafölgende Tidsrum med en eensformig Hastighed, der er doppelt saa stor som den, som den i det foregaaende ligesaastore Tidsrum erholdt formedelst Tyngden, indtil den naaer Kanten BD af Marmorbordet. Dersom altsaa Loddet C (Pl. 10, Fig. 1) synker formedelst Tyngdens Virkning, og nöiagtig anvender f. Ex. et Secund for at naae Pladen A af Stativet; men Vognen og Faldmaskinen i dette Tidsrum gjennemlöber ved den tiltagende Hastighed 2 Tommer, saa vil den fra det Öieblik, at C naaer Pladen A af Stativet, vedblive i hvert paafölgende Secund at gjennemlöbe med den eensformige Hastighed 4 Tommer. Til at hindre Loddet B (Pl. 10, Fig. 1) fra at erholde nogen tiltagende Bevægelse ved at synke, efterat Loddet C har naaet Pladen A af Stativet, og derved at frembringe samme Bevægelse paa Vognen, tjene de tvende ovenfor beskrevne smaae Vægte ved D og E; thi naar det antages, at disse Vægte tilligemed Vægten B udgjöre det, som udfordres for at overvinde Vognens Friction mod Bordet, saa maa den tiltagende Hastighed, som disse Vægte muligen kunde erholde ved at synke, hæves, naar den lille Vægt E naaer Kapselen og hviler derpaa. Skulde dette samme endnu engang möde, saa vil den tiltagende Hastighed hæves og atter forandres til eensformig, saasnart den lille Vægt D naaer Kapselen F og hviler derpaa. Imidlertid vil denne sidste Indretning ikkun sjelden, og ved saare enkelte Forsög behöves, saafremt hele Instrumentet ellers er nöiagtig forarbeidet, og alle Lodderne eller Vægtene ere nöiagtig afveiede.

Den fremskridende Bevægelse af Vognen og Faldmaskinen, som paa det nöiagtigste maa være eensformig, det vil sige saaledes, at Vognen i ethvert Secund nöiagtigen gjennemlöber det samme Antal Tommer, som i ethvert af de foregaaende Secunder, kan ikke erholdes uden ved det nöiagtigste og rigtigste Forhold mellem Vægtene N og O, Afstanden imellem Klappen H og Löseren I (Pl. 11) og Afstanden imellem Pladen paa Stativet P og Vægten O. Intet uden Erfaring og mangfoldige gjentagne Forsög kunne lære at kjende dette Forhold og denne Afstand; thi enhver Faldmaskine og Vogn, saavelsom Styrer, maa ved dette Instrument, ifölge disse Deles forskjellige Störrelse og Construction, udkræve et forskjelligt Forhold af Vægte, saa at en vis bestemt Vægt af Lodderne N og O, saavelsom en vis bestemt Afstand mellem Pladen af Stativet P og Vægten O kuns er anvendelig paa det samme, men ikke paa noget andet, skjöndt ligedannet Instrument. For at erfare det for et saadant Instrument nödvendige Forhold kan man gaae til Værks paa följende Maade: Plade XI.

Man lægge Silkesnoren LL, som kommer fra Vognen CD om en af Valtserne i Styreren K, f. Ex. om den mindste Valtse, og sætte dernæst Löseren I nöiagtig i halv saa mange Tommers Afstand fra Klappen H paa Vognen, som man vil at denne skal gjennemlöbe Tommer i Secundet, f. Ex. 8, 6, 4, eller hvilketsomhelst andet Tommeantal, da Vognen, som ovenfor viist, derved vil komme til i hver paafölgende ligestore Tidsdeel med eensformig Hastighed at gjennemlöbe det doppelte Rum.

Man hænge i Tarmstrængen M, som kommer fra Hovedhjulet i Styreren K, Vægtene N og O, som bestaae af de ovenfor (Pl. 10, Fig. 1) beskrevne Plader, og som maae veie saameget, at de kunne sætte Vognen og Faldmaskinen i Bevægelse. Derefter tage man nöiagtig ved et Secundslag af Uhret Gaffelen ud af Styreren K; Vægtene N og O ville da i samme Öieblik sætte Vognen i Bevægelse med tiltagende Hastighed. Man följe nu Secundslagene paa Uhret for at forvisse sig om at Klappen H nöiagtig med det paafölgende andet Secundslag berörer Löseren I; thi i dette Tilfælde ere Vægtene N og O af den Störrelse, som de bör være. Berörer derimod Klappen H Löseren I förend det andet Secundslag, da er den paahængte Vægt for svær, og maa altsaa formindskes, ligesom paa den anden Side Vægten er for liden og maa föröges, hvis længere Tid end 2 Secunder forlöber, inden Klappen H naaer Löseren I.

Har man saaledes endelig ved Paalægning eller Aftagning af Plader fundet for enhver af Valtserne i Styreren den Vægt, som udkræves, for at Klappen og Löseren nöiagtig ved det andet Secundslag skulle beröre hverandre, og opskrevet den, til Brug ved gjentagne Forsög, da skride man til Udfindelsen af den fornödne Afstand imellem Pladen af Stativet P og Vægten O; thi for at den tiltagende Bevægelse af Vognen kan forandres til eensformig, er det nödvendigt, at Loddet O betages sin Virkning paa Vognen i det Öieblik som begjæres, og at Loddet N, hvis Virkning, som ovenfor er sagt skal være i nöiagtig Ligevægt med Vognens Friction mod Bordet, fra samme Öieblik af alene virker derpaa, hvilket skeer, saasnart Loddet O berörer Pladen af Stativet P, og hviler derpaa. Da det er nödvendigt til de Forsög, som anstilles med dette Instrument, at Tyngdens Virkning paa Loddet G, eller den tiltagende Bevægelse af G netop begynder i samme Öieblik, hvori den tiltagende Bevægelse af Vognen forandres til eensformig, saa bliver det yderst vigtigt, at Loddet O berörer Pladen af Stativet P netop i det Öieblik, da Klappen H under Vognens Bevægelse berörer Löseren I, hvilket ovenfor er antaget at skulle skee efter to Secunders Forlöb. Den Afstand, som hertil udfordres mellem Pladen af Stativet P og Loddet O, kan ikkun Erfaring

Plade XI.

bestemme. Til den Ende sætte man Löseren I nöiagtig i den til Forsöget bestemte Afstand fra Klappen H paa Vognen, bringe dernæst Stativet P lige under Loddet O, i den Afstand, som man nogenledes kan skjönne passende, og som vi ville ansætte til 2 Tommer. Man tage derpaa Gaffelen, nöiagtig ved et Secundslag paa Uhret, ud af Styreren K, hvorved Vognen og Faldmaskinen sættes i Bevægelse, og Loddet O synker. Nu fölge man Secundslagene paa Uhret, for at erfare, om Loddet O naaer Pladen af Stativet netop ved det paafölgende andet Secundslag. Er dette Tilfældet, da er Afstanden imellem Pladen af Stativet P og Loddet O saaledes, som den bör være, berörer derimod Loddet O Pladen af Stativet forinden to Secunder ere forlöbne, da er Afstanden for liden, og Pladen maa i saa Fald skrues længere ned; forlöbe derimod mere end 2 Secunder, inden Beröringen indtræffer, da er Afstanden for stor, og Pladen maa skrues op indtil den fornödne Afstand findes, og Loddet O berörer Pladen af Stativet P nöiagtig ved det andet Secundslag; thi nu gaaer den tiltagende Bevægelse, i hvilken Vognen befandt sig, over til eensformig, netop i det Öieblik, da Klappen berörer Löseren, og Loddet G begynder at synke. Er denne Afstand nöiagtig fundet, saa maa den antegnes, hvortil Indretningen paa Stativet (Pl. 10, Fig. 10) tjener.

Men skjöndt man saaledes har fundet den nöiagtige Vægt af Lodderne N og O tilsammen, saa er dette dog ikke tilstrækkeligt til Forsögenes heldige Udfald; der udfordres endnu, at den nöiagtige Vægt af hvert Lod særskilt maa findes og angives, og dette lader sig da gjöre paa följende Maade:

Naar Lodderne N og O ere af den Vægt, at de kunne bringe Vognen og Faldmaskinen til med tiltagende Hastighed at gjennemlöbe et Rum af f. Ex. 4 Tommer i to Secunder, saaledes som ovenfor er sagt, og Loddet O ved det andet Secund har lagt sig paa Pladen af Stativet P, da fölge man Gangen af Vognen i de efterfölgende Secunder for at forvisse sig om, at Vognen nöiagtigen, altsaa med eensformig Hastighed i ethvert Secund, gjennemlöber fire Tommer. Skeer dette aldeles nöiagtigt, da har saavel Loddet N, som Loddet O, hver for sig den rette Vægt; skeer det derimod ikke, og vedbliver Vognen i ethvert paafölgende Secund at bevæge sig med voxende Hastighed, saaledes at den i det andet Secund, efterat Loddet O har naaet Pladen paa Stativet, gjennemlöber et noget större Rum, end i det förste Secund; i det tredie atter et noget större end i det andet, da har Loddet N for megen Vægt, som da maa fratages fra N og lægges til O, for at begge Lodderne tilsammentagne kunne beholde den engang rigtig befundne Vægt. Antages f. Ex. N og O tilsammen at veie 5 Pund 8 Lod, og deraf O 3 Pund 10 Lod, og N 1 Pund 30 Lod; men N frembringer en tiltagende Bevægelse paa Vognen efterat O hviler paa Pladen af Stativet, da tage man f. Ex. 6 Lod fra N og lægge paa O, og gjentage atter Forsöget. Befindes Vognen endnu at bevæge sig med voxende Hastighed, da maa atter tages 6 Lod fra N og lægges paa O, og Forsöget paa ny gjentages; og saaledes vedblives, indtil Lodderne have faaet det rigtige indbyrdes Forhold. Var derimod Vognens Bevægelse ikke tiltagende eller eensformig, men aftagende, det vil sige: gjennemlöb Vognen i det andet Secund, efter at Loddet O hviler paa Pladen af Stativet, et mindre Rum, end i det förste, og i det tredie et endnu mindre, og saa fremdeles i de paafölgende Secunder, indtil den endelig tilsidst blev staaende stille, da var Vægten N for ringe, og maatte desaarsag föröges ved at tage 1 eller $\frac{1}{2}$ Lod fra O og lægge paa N, indtil den Vægt som behöves, saavel til Loddet N, som O, nöiagtig er fundet. Denne optegnes for at anvendes, naar lignende Forsög skulle anstilles med Hensyn til den begjærte Hastighed af Vognen i et bestemt angivet Tidsrum.

Efter saaledes at være fuldkommen bekjendt med alle de enkelte Dele af dette Instrument og deres Brug, vil det være let dermed at anstille de Forsög, hvortil Instrumentet er bestemt. Til disse henhöre först Fremstillelsen af de krumme Linier, som et Legeme beskriver, naar det i et vist Tidsrum falder igjennem et bestemt Rum formedelst Tyngdens Virkning, imedens det i samme Tidsrum ved en eensformig fremskridende eller projectil Bevægelse gjennemlöber forskjellige Rum, formedelst den forskjellige Grad af Hastighed under Bevægelsen.

FÖRSTE FORSÖG,

Halvparabel, fremkommen ved Virkningen af Tyngden og en projectil Kraft, hvorved Tyngdens Virkning var den störste.

Det antages her, at Legemet, som underkastes Virkningen af to ovennævnte Kræfter, falder formedelst Tyngden igjennem et Rum af 48 Tommer i 6 Secunder, og i samme Tid formedelst den fremskridende eensformige Bevægelse gjennemlöber 24 Tommer, altsaa 4 Tommer i hvert Secund. — Man fordele Massen 144 M paa begge Skaalerne F og G (Pl. 11) saaledes, at paa G lægges $62\frac{1}{2}$ M og paa F $61\frac{1}{2}$ M. Naar Vægten af begge Skaalerne F og G tilligemed Inertien af Hjulværket E, som udgjör 20 M, lægges hertil, da vil den hele Masse udgjöre $62\frac{1}{2}\,M + 61\frac{1}{2}\,M + 20\,M = 144\,M$. Overvægten af G mod F er herved 1 M, den accelererende Kraft altsaa $\frac{1}{144}$ af Massen, og det accelererede Fald $\frac{192}{144} = 1\frac{1}{3}$ Tomme i det förste Secund, altsaa i 6 Secunder $1\frac{1}{3} \times 36 = 48$ Tommer. Da det ovenfor er antaget, at Legemet, der formedelst Tyngden falder igjennem et Rum af 48 Tommer i 6 Secunder, skal i samme Tid ved en eensformig fremskridende Bevægelse gjennemlöbe et Rum af 24 Tommer, altsaa i hvert Secund 4 Tommer, saa lægge man Snoren L, som er befæstet i Vognen CD, over den mindste af Valtserne i Styreren K, og indrette formedelst Vægtene N og O,*) som indhænges i Tarmsnoren M, der kommer fra Hovedhjulet i Styreren K, Vognens horizontale Bevægelse saaledes, at den ved den eensformige Bevægelse gjennemlöber 4 Tommer i hvert Secund, hvilket erholdes, som ovenfor er sagt, naar Vognen ved den accelererede Bevægelse har erholdt en saadan Hastighed, at den i förste Secund gjennemlöber 1 Tomme eller i de to förste Secunder 4 Tommer, og den accelererede Bevægelse af Vognen nu forandres til eensformig. Stativet P stilles nu lige under Vægten O i den Frastand**), som behöves til at give Vognen den accelererede Bevægelse, som ovenfor er fastsat. Löseren I lægges paa Bordet AB nöiagtig i lige Linie med Nulpunkterne paa begge de horizontale Sider ST og QR af Skjermen QRST, saaledes at Vognen ikke kan komme den forbi, uden at Klappen H stöder derimod. Vognen og Faldmaskinen sættes nu paa Marmorbordet AB saaledes, at Klappen H staaer i fuldkommen lige Linie med Löseren I og den Valtse i Styreren K, om hvilken Silkesnoren LL, der kommer fra Vognen, er viklet. Herved rykkes Vognen saa langt fra Banden af Bordet, at der imellem Löseren I og Klappen H paa det bestemteste befinder sig de nödvendige 4 Tommer.

Plade XI.

Naar alting saaledes er ordnet skrides til Forsöget, idet man nöiagtigen ved et af Secundslagene paa Uhret udtager Gaffelen af Styreren K. I samme Öieblik sætte Vægtene N og O, formedelst Tyngdens Virkning, Styreren K med dens Valtser i Bevægelse, hvorved Vognen og Faldmaskinen maae bevæge sig med voxende Hastighed henimod Styreren K, da Silkesnoren vikler sig om Valtsen i K;

---

*) Loddet O veier 3 Pund 21 Lod og N 1 Pund $18\frac{1}{2}$ Lod.

**) Frastanden er ved dette Instrument 1,8 Tommer.

Plade XI.

med det paafölgende andet Secundslag vil Klappen H af Vognen CD beröre Löseren I, hvorved Vægtstangen GHI (Pl. 9, Fig. 3) slipper Skaalen F (Pl. 11) og Vægten G, som i dette Öieblik er ved Punktet a paa Skjermen, begynder at synke eller falde. I det samme Öieblik, nemlig ved det andet Secundslag paa Uhret, efter at Gaffelen er udtaget af Styreren K, berörer Vægten O Pladen af Stativet P, og hviler derpaa. Tyngdens Virkning paa Vognen CD hæves herved aldeles, saa at Vognen, der i de foregaaende Secunder havde bevæget sig med jevnt tiltagende Hastighed, vedbliver fra dette Öieblik af at bevæge sig med eensformig Hastighed, hvorved den da gjennemlöber i hvert paafölgende ligesaalange Tidsrum et Rum, der er doppelt saa stort som det, den formedelst den tiltagende Hastighed havde gjennemlöbet, altsaa 8 Tommer i hvert paafölgende Tidsrum af to Secunder, eller 4 Tommer i hvert Secund. Skaalen med Vægten G, der fra dette Öieblik af fölger Tyngdens Virkning, og synker med jevnt voxende Hastighed, vil ved det paafölgende Secundslag paa Uhret, eller efter det förste Secunds Forlöb være sunken $1\frac{1}{3}$ Tomme, imedens Vognen og Faldmaskinen i samme Tid har gjennemlöbet 4 Tommer; altsaa maa Skaalen ved dette Secundslag befinde sig ved a′. Med det andet Secund maa Skaalen G, der vedbliver at synke med jevnt tiltagende Hastighed, have gjennemlöbet er Rum, tre Gange saa stort, som i det förste Secund, det vil sige 4 Tommer, og altsaa ved det paafölgende andet Secundslag paa Uhret være ligefor $5\frac{1}{3}$ Tom. ($1\frac{1}{3} \times 4 = 5\frac{1}{3}$) fra oven af paa de verticale Sider af Skjermen, imedens at Vognen og Faldmaskinen i det andet Secund atter er rykket 4 Tommer frem. Skaalen befinder sig derfor ved det andet Secnndslag ligeoverfor a″. I det tredie Secund vedbliver den at synke, og gjennemlöber deri et Rum, der er 5 Gange saa stort som det i det förste Secund gjennemlöbne; den maa altsaa i dette Secund gjennemlöbe $6\frac{2}{3}$ Tomme, og derfor ved det tredie Secundslag befinde sig ligeoverfor den 12te Tomme ($1\frac{1}{3} \times 9 = 12$) af de verticale Sider paa Skjermen, imedens at Vognen og Faldmaskinen i dette tredie Secund atter er rykket 4 Tom. frem, saa at Klappen H i dette Öieblik staaer ligeoverfor den 12te Tomme paa Skjermens horizontale Sider. Skaalen G maa altsaa ved det tredie Secundslag befinde sig ved a‴. I det fjerde Secund synker Skaalen G igjennem et 7 Gange saa stort Rum, som i det förste Secund; den gjennemlöber altsaa $9\frac{1}{3}$ Tom. og befinder sig ved det fjerde Secundslag ligeover for $21\frac{1}{3}$ Tomme ($1\frac{1}{3} \times 16 = 21\frac{1}{3}$), medens at Vognen og Faldmaskinen i det fjerde Secund atter er rykket 4 Tommer frem, og altsaa staaer ligeoverfor den 16de Tomme paa de horizontale Sider af Skjermen, hvorved Skaalen G altsaa maa befinde sig ved aIV. Skaalen G vedbliver at synke i det femte Secund gjennem et 9 Gange saa stort Rum, som i förste, altsaa 12 Tommer; den maa derfor ved det femte Secundslag befinde sig ligeoverfor $33\frac{1}{3}$ Tomme paa de verticale Sider af Skjermen ($1\frac{1}{3} \times 25 = 33\frac{1}{3}$) medens at Vognen og Faldmaskinen atter er rykket 4 Tommer frem, og altsaa staaer ligefor den 20de Tomme paa de horizontale Sider af Skjermen, hvorved fölgelig Skaalen G befinder sig ved aV. I det sjette Secund synker Skaalen G gjennem et 11 Gange saa stort Rum som i förste Secund, altsaa igjennem $14\frac{2}{3}$ Tomme, og befinder sig derfor ved det sjette Secundslag paa Uhret, ligeoverfor den 48de Tomme ($1\frac{1}{3} \times 36 = 48$) paa de verticale Sider af Skjermen, altsaa paa Basis af Vognen, imedens i denne sjette Secund Vognen og Faldmaskinen atter er rykket 4 Tommer frem, og H altsaa befinder sig ligeoverfor den 24de Tomme paa Skjermens horizontale Sider. Skaalen G maa fölgelig ved det sjette Secundlag befinde sig ved aVI.

Holder man paa dette Sted Haanden mod Vognen, eller lægger en dertil bestemt lös Stav, indrettet som en ef Bordets Bander, tvers over Bordet, i den Afstand fra den 24de Tomme paa den

horizontale Side af Skjermen, som Vognens Længde udkræver, saa vil Vognen ved det sjette Secund-slag paa Uhret slaae mod Banden, og Skaalen med Vægten G altsaa i disse 6 Secunder nöiagtig have beskrevet Halvparabelen a^{I} a^{II} a^{III} a^{IV} a^{V} a^{VI}. Plade XI.

ANDET FORSÖG.

Anden Halvparabel, hvorved Tyngden ligeledes virker stærkere end den projectile Kraft.

Alle de Fordringer, under hvilke dette Forsög skal anstilles, antage man aldeles de samme, som ved förste, kuns med den Undtagelse, at Legemet, under de til Faldet brugte 6 Secunder, skal formedelst den eensformig fremskridende Bevægelse gjennemlöbe 36 Tommer, og altsaa 6 Tommer i ethvert Secund. Til den Ende lade man Fordelingen af Massen paa Skaalerne F og G blive den samme, som ved det forrige Forsög, og föröge Vægten af Lodderne N og O saameget,*) at de ifölge Erfaring og foregaaende Forsög kunne sætte Vognen i den Grad af tiltagende Bevægelse, at den siden formedelst sin eensformige Bevægelse er istand til at gjennemlöbe 6 Tommer i hvert paafölgende Secund. Man lægge Silkesnoren LL omkring den midterste Valtse af Styreren K, og rykke dernæst Vognen, efter först at have lagt Löseren I, saaledes som ovenfor er bestemt, ligefor Nulpunkterne paa de horizontale Sider af Skjermen, saa langt fra Banden af Bordet, at der mellem Löseren I og Klappen H er en Afstand af 6 Tommer.

Man sætte dernæst Stativet P lige under Loddet O i den Afstand, som behöves,**) og begynde nu Forsöget med at udtage Gaffelen af Styreren K ved et hvilketsomhelst Secundslag paa Uhret; Vognen CD vil da med tiltagende Hastighed rykke saameget frem, at Klappen H ved det paafölgende andet Secundslag berörer Löseren I, hvorved Skaalen G begynder at fölge Tyngdens Virkning netop i det samme Öieblik, da Vægten O berörer Pladen af Stativet P, og lægger sig derpaa.

Fra dette Öieblik vil Vognen CD bevæge sig med eensformig Hastighed og gjennemlöbe 6 Tommer i hvert paafölgende Secund. Klappen H af Vognen maa derfor ved det paafölgende förste Secund være ligefor den sjette Tomme paa Skjermens horizontale Side, og Skaalen G, som imedens den fölger denne Bevægelse, i samme Tid tillige formedelst Tyngdens Virkning er sunket $1\frac{1}{3}$ Tomme, maa derfor i dette Öieblik befinde sig ved b'. Begge de samme Kræfter vedblive i de paafölgende Tidsrum at virke paa Skaalen G; den maa desaarsag ved det paafölgende andet Secund befinde sig ved b^{II}, ved det tredie Secund ved b^{III}, ved det fjerde Secund ved b^{IV}, ved det femte ved b^{V} og ved det sjette ved b^{VI}. Skaalen G har da saaledes i disse sex sidste Secunder nöiagtig beskrevet Halvparabelen a b^{I} b^{II} b^{III} b^{IV} b^{V} b^{VI}.

TREDIE FORSÖG.

Halvparabel, ved hvis Frembringelse Tyngden og den projectile Kraft virke lige stærkt.

Man antage til dette Forsög, at Tyngden, ligesom ved begge de foregaaende, virker saaledes paa et Legeme, at det i 6 Secunder falder igjennem et Rum af 48 Tommer, imedens at det i samme Tid formedelst den eensformig fremskridende Bevægelse skal gjennemlöbe 48 Tommer, altsaa 8 Tommer i ethvert Secund.

---

*) N veier 2 Pund 3 Lod, og O veier 4 Pund 3 Lod.

**) Afstanden var her 1, 4 Tomme.

Plade XL.

Man fordele til den Ende Masssen paa begge Skaalerne F og G ligesom ved det förste Forsög, lægge Löseren I paa Marmorbordet paa det ovenfor bestemte Sted ligefor begge Nulpunkterne paa Skjermens horizontale Sider, og rykke dernæst, efterat Silkesnoren LL er lagt om den störste Valtse i Styreren K, Vognen saalangt fra Banden af Bordet, at der imellem Klappen H og Löseren I netop befinder sig 8 Tommer.

Man föröge nu Vægten af Lodderne N og O saameget,*) som udfordres for at tilveiebringe den fornödne Hastighed i Vognens Bevægelse, hvilket ved foregaaende Forsög maa være bekjendt. Stativet P sættes derpaa i den nödvendige Frastand fra Loddet O,**) og nu begyndes Forsöget med at udtage Gaffelen af Styreren ved et Secundslag paa Uhret. Vognen CD vil da rykke frem med en saadan Hastighed, at Klappen H netop ved det paafölgende andet Secundslag paa Uhret berörer Löseren I. I dette samme Öieblik vil tillige Vægten O beröre Stativet P; Bevægelsen af Vognen vil da forandres fra tiltagende til eensformig, netop i det samme Öieblik, da Skaalen G, der befinder sig ved a, underkastes Tyngdens Virkning. Vognen maa desaarsag i det paafölgende förste Secund rykke 8 Tommer frem, medens at Loddet G er sunket $1\frac{1}{3}$ Tomme. Dette befinder sig altsaa ved det paafölgende förste Secundslag paa Uhret ved c^{I} og maa i dette Secund have gjennemlöbet den krumme Linie a c'. Da Vognen CD vedbliver i ethvert af de paafölgende Secunder med eensformig Hastighed at gjennemlöbe 8 Tommer; Loddet G derimod vedbliver imidlertid at fölge Tyngdens Virkning, saa maa dette ved det andet Secundslag paa Uhret være ved c^{II}, ved det tredie ved c^{III}, ved det fjerde ved c^{IV}, ved det femte ved c^{V} og ved det sjette ved c^{VI}; det har altsaa i disse sidste 6 Secunder beskrevet Halvparabelen a c^{I} c^{II} c^{III} c^{IV} c^{V} c^{VI}.

FJERDE FORSÖG.

Halvparabel, til hvis Frembringelse Tyngden virker saaledes, at det Rum, som Legemet derved gjennemlöber, er mindre end det Rum, som Legemet i samme Tid gjennemlöber formedelst den projectile Kraft.

Dersom det begjæres at fremstille de Halvparabeler, som frembringes derved, at Tyngden virker saaledes paa et Legeme, at det i en vis Tid, f. Ex. 6 Secunder, falder igjennem et Rum af 36 Tommer, imedens det i samme Tid formedelst en projectil Kraft med eensformig Hastighed gjennemlöber et bestemt Rum, f. Ex. 48 Tommer, da fordele man Massen 96 M saaledes, at paa G lægges $38\frac{1}{4}$ M og paa F $37\frac{3}{4}$ M, hvilke med Vægten af Skaalerne og Modstanden af Hjulværket ville udgjöre 96 M.

Overvægten af G mod F er herved $\frac{1}{2}$ M, den accelererende Kraft altsaa $\frac{1}{192}$ af Massen, og det accelererede Fald i det förste Secund $\frac{192}{192} = 1$ Tomme; altsaa i 6 Secunder 36 Tommer. Man lægge dernæst Snoren LL over den störste af Valtserne i Styreren K, sætte Löseren I ligesom ovenfor nöiagtig i lige Linie med begge Nulpuncterne paa de horizontale Sider af Skjermen, og indrette Vægten af Lodderne N og O, samt Afstanden mellem Loddet O og Pladen af Stativet P saaledes, at O efter at være sunken i to Secunder nöiagtig berörer Stativet, og at Vognen i denne Tid har gjennemlöbet 8 Tommer.

---

*) N veier her 2 Pund 3 Lod, og O 3 Pund 31 Lod.

**) I dette Tilfælde 0,9 Tommer.

Pladen paa Faldmaskinen, der ovenfor er beskrevet og afbildet Pl. 6 fastskrues dernæst nöiagtig ved den 36te Tomme paa Faldmaskinens Maalestok, og Vognen CD stilles saaledes paa Marmorbordet, at der mellem Klappen H og Löseren I nöiagtig er 8 Tommers Afstand. Man kan nu begynde Forsöget ved at udtage Gaflen af Styreren K ved et hvilketsomhelst Secundslag paa Uhret. Plade XI.

Vognen vil da ved det paafölgende andet Secundslag med tiltagende Hastighed have gjennemlöbet 8 Tommer, og i dette Öieblik vil Vægten O, som foraarsager Vognens tiltagende Bevægelse beröre Pladen af Stativet P, just som Klappen H af Vognen berörer Löseren I; Loddet G begynder nu at synke formedelst Tyngdens Virkning netop i det samme Öieblik, da den tiltagende Bevægelse af Vognen og Faldmaskinen CD forandres til eensformig; Loddet G vil derfor i det förste paafölgende Secnnd synke eller falde gjennem et Rum af 1 Tomme, medens Vognen i samme Tid med horizontal Bevægelse og eensformig Hastighed gjennemlöber 8 Tommer. Vægten G vil da ved det förste Secundslag paa Uhret, efterat Löseren og Klappen ere stödte sammen være ved d', og da Tyngdens Kraft vedbliver i de paafölgende Secunder at virke efter samme Forhold paa G, vil den ved det andet paafölgende Secundslag være ved d^{II}, ved det tredie ved d^{III}, ved det fjerde ved d^{IV}, ved det femte ved d^{V} og ved det sjette ved d^{VI}, eller slaae an imod Pladen. Loddet G har saaledes i disse 6 Secunder gjennemlöbet Halvparabelen a d^{I} d^{II} d^{III} d^{IV} d^{V} d^{VI}.

FEMTE FORSÖG.

Halvparabel, til hvis Frembringelse Tyngden i samme Tidsrum förer Legemet igjennem et halv saa stort Rum som den projectile Kraft.

Naar til dette Forsög forudsættes, at Tiden, som anvendes til Faldet, er den samme, som ved de foregaaende Forsög, nemlig 6 Secunder, ligesom ogsaa det Rum, der gjennemlöbes formedelst den horizontale Kraft, er 48 Tommer, saa maae og Vægtene N og O, Afstanden imellem Klappen H og Löseren I, Silkesnorens Omvikling om Valtsen i Styreren blive som ved det foregaaende Forsög. Skal derimod i dette Tidsrum Loddet G formedelst Tyngdens Virkning kun synke 24 Tommer, saa maa Fordelingen af Masserne paa Skaalerne F og G blive anderledes end för.

Den fornödne Hastighed ($\frac{2}{3}$ Tomme i förste Secund) vil opnaaes ved paa Skaalen G at lægge $62\frac{1}{4}$ M og paa F $61\frac{3}{4}$ M; dette vil i Forening med Skaalernes Vægt og Modstanden af Hjulværket $= 20$ M udgjöre 144 M. Overvægten af G over F er altsaa $\frac{1}{2}$ M $= \frac{1}{288}$ af den hele Masse og den accelererende Kraft altsaa $\frac{1}{288}$ M; det accelererede Fald maa da blive $\frac{192}{288}$ Tomme $= \frac{2}{3}$ Tomme i förste Secund, og i sex Secunder $36 \times \frac{2}{3}$ eller 24 Tommer.

Efter saaledes at have fordeelt Masserne, og have lagt Silkesnoren om den störste Tridse i Hjulværket, lagt Löseren nöiagtig i lige Linie med Nulpunctet paa Skjermens horizontale Sider, og trukket Vognen med Faldmaskinen CD saa langt fra Banden af Marmorbordet som fornödent er, samt fastskruet Pladen U nöiagtig ved den 24de Tomme paa Faldmaskinens Maalestok, begyndes Forsöget ved at udtage Gaflen af Styreren ved et hvilketsomhelst Secundslag paa Uhret.

Vognen vil nu gaae frem, og med voxende Hastighed i to Secunder gjennemlöbe 8 Tommer. Ved det andet Secundslag vil Klappen H stöde an imod Löseren I, og paa samme Tid vil Loddet O hvile paa Pladen af Stativet P, hvorved Vognens tiltagende Bevægelse forandres til eensformig. Loddet G, der i dette Öieblik befinder sig ved a, synker derpaa formedelst Tyngdens Virkning, og falder i det förste Secund $\frac{2}{3}$ Tomme, i det næste 2 Tommer, og saa fremdeles, imedens at Vognen i hvert Secund vil med eensformig Hastighed gjennemlöbe 8 Tommer. Ved det förste Secundslag

Plade XI. efterat Klappen H har stödt an imod Löseren I, befinder sig altsaa Loddet G ved e^{I}; ved det andet ved e^{II}, ved det tredie ved e^{III}, ved det fjerde ved e^{IV}, ved det femte ved e^{V}, og slaaer ved det sjette Secundslag an mod Pladen U ved e^{VI}; det har da saaledes i disse sidste 6 Secunder beskrevet Halvparabelen a e^{I} e^{II} e^{III} e^{IV} e^{V} e^{VI}.

Af disse faa her anförte Exempler vil man lettelig indsee, hvorledes det er mueligt at lade Loddet G beskrive enhver forlangt Halvparabel; thi forandres Vægtforholdet imellem Lodderne G og F, saa kan derved Loddet G erholde enhver forlangt Hastighed, ligesom og ved at lægge Silkesnoren LL over forskjellige Valtser i Styreren, og at föröge eller formindske Vægten O, samt lade Klappen H have forskjellig Afstand fra Löseren I, og Loddet O fra Stativpladen P, en forskjellig Hastighed af den projectile Bevægelse maae frembringes, alt saaledes, som det följer af Beskrivelsen over Instrumentets forkjellige Dele.

Efter saaledes at have viist, hvorledes enhver forlangt Halvparabel lader sig beskrive, staaer det tilbage at anföre nogle Exempler paa Heelparabeler.

Frembringelsen af Heelparabelen adskiller sig kun deri fra Halvparabelens Frembringelse, at ved denne behövedes blot en vertical tiltagende Bevægelse, hvorimod der ved hiin behöves en vertical aftagende og en vertical tiltagende Bevægelse. Begge disse maae foregaae i ligestore Tider, og med ligestore omvendte Hastigheder, og begge tilsammen maae være fuldbyrdede nöiagtig i samme Tid, som den bestemte horizontale Bevægelse af Vognen.

Atwood's Faldmaskine viser, at en jevnt aftagende og derefter en jevnt tiltagende Bevægelse kan bibringes Skaalen G, ved at lade den have en vis Overvægt over F, hvilken den ved Gjennemgangen gjennem den paa et bestemt Sted af Maalestokken fastskruede Ring afgiver, tilligemed endnu saamegen Vægt, at F efter Gjennemgangen af G igjennem Ringen erholder en vis Overvægt over G.

Det Rum, som Skaalen F i enhver paafölgende Tidsdeel gjennemlöber, maa da blive Differentsen imellem de Rum, som den vilde gjennemlöbe formedelst hver enkelt af de to hinanden modsatte Bestræbelser til Bevægelse, hvis Indvirkning den nu er underkastet; den Stigningshastighed nemlig, hvilken den erholdt derved, at Skaalen G sank, indtil den gik igjennem Ringen, som den ene Bestræbelse til Bevægelse, og Tyngdevirkningen af dens nuværende Overvægt over G, som den anden Bestræbelse til Bevægelse. Da hiin Bevægelse vilde lade Skaalen F stige med eensformig Hastighed, denne derimod lade den falde med jevnt voxende Hastighed, saa maa F, hvis Bestræbelsen til opadgaaende Bevægelse var större end Tyngdevirkningen, stige saalænge med jevntaftagende Hastighed, indtil Stigekraften er aldeles overvunden af Tyngden, og derefter atter falde med jevntvoxende Hastighed.

Gives da altsaa Skaalen G en saa stor Slutningshastighed, at det Rum, igjennem hvilket Skaalen F formedelst denne vil stige i en vis Sum af Tidsdele (saafremt den ei efter Gjennemgangen gjennem Ringen var tungere end G), var doppelt saa stort, som det Rum, hvilket den i en ligesaalang Tid vilde gjennemlöbe formedelst Tyngden alene, saa maa Stigningen og Faldet foregaae i ligestore Tider, og med omvendte Hastigheder, saaledes, at den Hastighed, hvilken Skaalen F har i Stigningens förste Öieblik, er liig den, som den har i Faldets sidste, og omvendt: samme Hastighed i Faldets förste, som i Stigningens sidste Tidsdeel.

Hvorledes disse forskjellige Hastigheder kunne opnaacs og fremstilles, lærer for störste Delen Kjendskab med Atwoods Faldmaskine; kun een Bemærkning maa her endnu tilföies:

Overvægtens Forhold til den hele betyngende Masse forandres noget derved, at nogle Masse- dele aldeles borttages af den ene Skaal, og at altsaa Overvægten egentlig bliver noget större, end den skulde være. Den stigende Skaal kan derfor ikke stige ligesaameget, som den falder siden i samme Tidsrum. Skulde blot Lovene for en jevntaftagende Bevægelse vises, da var det temmelig ligegyldigt, siden alligevel de i hver enkelt Tidsdeel gjennemlöbne Rum stode i det samme Forhold til hverandre. Her derimod, hvor en Parabel skal beskrives, er det nödvendigt, at Forholdet mellem den verticale og horizontale Bevægelse bestandig heelt igjennem maa være det samme; her er det nödvendigt, at man sörger for, at Hastighederne under Stigningen og Faldet blive omvendt ligestore. Man indseer let at dette vil opnaaes, naar man anbringer paa Maalestokken af Faldmaskinen endnu en Ring, der lod sig skyde op og ned af samme og befæste paa ethvert Sted af den, ligesom den allerede forhen beskrevne Ring, hvorigjennem Skaalen G falder, og igjennem hvilken Skaalen F paa samme Maade kan bevæge sig frit op og ned. (Den findes afbildet Pl 6, Fig. 4). Naar nu denne Ring stilles saaledes, at den överste Kant af Vægtdelene paa Skaalen F gaaer igjennem den i samme Öieblik, som den överste Rand af Vægtene paa Skaalen G gaaer igjennem den anden Ring V, og man paa den förste af disse Ringe lægger en Stang af samme Vægt, som den, der ligger paa Skaalen G og udgjör dennes Overvægt, da vil i samme Öieblik, som Skaalen G synker igjennem Ringen V, og paa denne deponerer sin Overvægt, Skaalen F ved sin stigende Bevægelse gaae igjennem den anden Ring, og nödes til at medtage den derpaa henlagte Stang, hvorved den altsaa faaer samme Overvægt over G, som denne för havde over F, uden at Massen derved forandres.

Plade VI.

Fig. 4.

Plade XI.

De övrige Forhold ved disse Forsög ere aldeles som ved de halvparabolske, kun at Löseren, der för laae ligefor Skjermens horizontale Nulpuncter, i disse maa ligge saa langt fra Nulpunctet, at Skaalerne G og F netop gaae igjennem Ringene i det Öieblik, da Skaalen F er ligefor Nulpunctet paa den horizontale Side af Skjermen. Som Exempler kan tjene Beskrivelsen over Frembringelsen af nogle forskjellige Parabeler, hvori Skaalen F stiger til forskjellig Höide; den horizontale Bevægelse er i alle den samme, da det af det Foregaaende er tilstrækkelig klart, hvorledes denne efter Experimentators Godtbefindende lader sig forandre.

SJETTE FORSÖG.

Parabel, hvorved et Legeme stiger 36 Tommer, medens det i samme Tid föres 48 Tommer horizontalt frem.

Tiden, som anvendes til at beskrive denne Parabel, antages at være 12 Secunder, af hvilke Legemet anvender 6 til at stige og 6 til sit Fald.

Plade XII.

Det er altsaa nödvendigt, at Skaalen F maa have en saa stor Bestræbelse til opadgaaende Bevægelse, at den, hvis Tyngden ikke medvirkede, vilde i 6 Secunder stige $2 \times 36 = 72$ Tommer, og at det Rum, hvorigjennem Legemet i samme Tid vilde falde, maa være 36 Tommer, altsaa 1 Tomme i det förste Secund. Skaalen G maa desaarsag have en Slutningshastighed af 12 Tommer, efterat den har mistet sin Overvægt. Da Löseren maa ligge saa langt fra Klappen H, at Vognen kan have den nödvendige Hastighed til med tilstrækkelig Kraft at lade Klappen H og Löseren I stöde sammen, og da Vognens accelererede Bevægelse kun kan vare i to Secunder, saa kan Skaalen G ikkun anvende 1 Secund for at erhverve sig den fornödne Slutningshastighed af 12 Tommer, og maa altsaa falde 6 Tommer i et Secund, förend den ved Gjennemgangen igjennem Ringen afgiver sin Overvægt. Atwoods Faldmaskine viser, at dette vil opnaaes, ved paa Skaalen G at lægge $39\frac{1}{2}$ M, og paa F

Plade XII. $36\frac{1}{2}$ M. Overvægten af G imod F, er da $\frac{1}{32}$ af den hele betyngende Masse, og vil altsaa lade G falde 6 Tommer i det förste Secund, og 12 Tommer i hvert paafölgende. Da Skaalen G ved sin Gjennemgang igjennem Ringen skal afgive saameget af sin Overvægt, at Skaalen F kan faae en accelererende Kraft af 1 Tomme i det förste Secund, og dertil behöves en Overvægt $= \frac{1}{192}$ af den betyngende Masse $= \frac{1}{2}$ M, saa fordele man Vægtene $39\frac{1}{2}$ M og $36\frac{1}{2}$ M saaledes, at paa G lægges $37\frac{3}{4}$ M, samt en Stang $= 1\frac{3}{4}$ M, altsaa ialt $39\frac{1}{2}$ M, og paa Skaalen F lægges $36\frac{1}{2}$ M. En Stang af samme Vægt, som den, der ligger paa G, (altsaa $= 1\frac{3}{4}$ M), henlægges nu ligeledes paa den Ring, hvorigjennem Skaalen F bevæger sig. Ved Gjennemgangen igjennem Ringene vil da Skaalen G deponere sin Stang, hvorved den kommer til at veie $37\frac{3}{4}$ M, og Skaalen F vil i samme Öieblik betynges med den paa Ringen henlagte Stang, hvorved dens Vægt bliver $36\frac{1}{2}$ M $+ 1\frac{3}{4}$ M $= 38\frac{1}{4}$ M, og faaer altsaa en Overvægt over G $= \frac{1}{2}$ M.

Den Ring, hvorigjennem Skaalen G skal gaae, skrues da ved 6 Tommer fra oven, og den Ring, hvorigjennem Skaalen F skal gaae, ved 6 Tommer fra neden paa Faldmaskinens Maalestok. Dog maa herved bemærkes, at da det er den överste Rand af Vægtdelene paa Skaalerne, der i det bestemte Öieblik skulle gaae igjennem Ringene, saa maa disse ikke fastskrues nöiagtig ved den 6te Tomme; men saameget ovenfor, som Vægtene paa F og G ere höie. (I Beskrivelsen af Forsögene har man antaget denne Höide for 0, og at altsaa Ringene i dette Tilfælde vare fastskruede ved den 6te Tomme). Löseren I lægges 3 Tommer fra det horizontale Nulpunkt; de övrige Forberedelser til dette Forsög ere som ved det tredie halvparabolske Forsög.

Herefter kan man da begynde Forsöget ved som sædvanligt, at udtage Gaflen af Styreren ved et Secundslag paa Uhret. Vognen skrider nu frem; ved det næste Secundslag stöder Klappen H mod Löseren I, og gjör derved Skaalen F frie. Formedelst den Overvægt, som Skaalen G har, vil den begynde at synke, og ved det paafölgende Secundslag gaae igjennem Ringen, og der afgive sin Overvægt, idet Skaalen F i det samme modtager den, medens paa samme Tid Vognens voxende Hastighed forandres til jevn.

Skaalen F, der i dette Öieblik befandt sig 6 Tommer fra neden, eller 42 Tommer fra oven, og lige ud for det horizontale Nulpunct, eller ved a, stiger altsaa i det förste Secund $12 - 1 = 11$ Tommer, medens at Vognen er gaaet 4 Tommer frem, og befinder sig altsaa ved Enden af det förste

---

Anm. For med Lethed at kunne bestemme Vægtfordelingen paa Skaalerne F og G, naar Overvægten af G over F för Gjennemgangen, og Overvægten af F over G efter Gjennemgangen igjennem Ringene, tilligemed Störrelsen af den betyngende Masse er bestemt, tjener följende af Theorien uddragne Regel: Man lade hver af Stængerne have en Vægt lig den halve Sum af de respective Overvægte af G og F; fremdeles gjöre man Vægten af G = den halve betyngende Masse mindre end det halve af Overvægten af F, og Vægten af F = den halve Masse mindre end det halve af Overvægten af G. Skulde f. Ex. F efter Gjennemgangen stige 12 Tommer, den dertil anvendte Tid være 3 Secunder, og det accellererede Fald af G vare 1 Secund, samt den betyngende Masse være 96 M, saa maatte Overvægten af G være = 2 M og Overvægten af F = $\frac{2}{3}$ M; Vægten af hver Stang vilde följelig blive $\frac{2\text{ M} + \frac{2}{3}\text{ M}}{2} = 1\frac{1}{3}$ M, Vægten af G = 48 M $- \frac{1}{3}$ M = $47\frac{2}{3}$ M og Vægten af F = 48 M $-$ 1 M = 47 M; men da Skaalernes Vægt og Hjulværkets Modstand udgjör 20 M, saa bliver den Vægt, der skal lægges paa Skaalen G = $37\frac{2}{3}$ M og paa F = 37 M. Paa denne Maade ville altsaa Vægtforholdene i ethvert Tilfælde let lade sig bestemme.

Secund 31 Tommer fra oven og ved 4 paa den horizontale Maalestok, eller ved a′. Ved det næste Secundslag befinder Skaalen F sig ved 22 paa den verticale og 8 paa den horizontale Maalestok, og vedbliver saaledes at stige i det tredie Secund 7, i det fjerde 5, i det femte 3 og i det sjette 1 Tomme, medens at Vognen regelmæssig bevæger sig 4 Tommer frem i hvert Secund. Plade XII.

I disse 6 Secunder har altsaa Skaalen F gjennemlöbet den halvparabolske Bue a, a^{I} a^{II} ... a^{VI}.

Ved Slutningen af det sjette Secund har Tyngden overvundet den hele Stigningshastighed, som G ved sit Fald havde frembragt paa Skaalen F, og nu vil denne, der formedelst sin Overvægt synker efter Faldets almindelige Love, gjennemlöbe i det syvende Secund 1 Tomme, i det 8de 3, i det 9de 5, i det 10de 7, i det 11te 9 og i det 12te 11 Tommer, og altsaa, efter i disse 6 Secunder at være faldet 36 Tommer, igjen befinde sig 42 Tommer fra oven. Da Vognen imidlertid regelmæssig er gaaet 4 Tommer frem i hvert Secund, saa har Skaalen F beskreven den anden Deel a^{VII}, a^{VIII} ... a^{XII} af den parabolske Bue a a^{I} a^{II} ... a^{XI} a^{XII}.

SYVENDE FORSÖG.

Parabel, hvorved et Legeme stiger 24 Tommer, medens det i samme Tid föres 48 Tommer frem.

Tiden, som anvendes til dette, Forsög antages, som ved det foregaaende, at være 12 Secunder, af hvilke Legemet anvender 6 til sin Stigning og 6 til sit Fald; Skaalen G maa altsaa have en Slutningshastighed af 8 Tommer i Secundet. Dette vil opnaaes, ved at lægge paa F 37 M og paa G $37\frac{5}{6}$ M, samt paa G endnu en Stang af Vægt $= 1\frac{1}{6}$ M, og ligeledes paa den til F hörende Ring en lige saa tung Stang. Overvægten af G $= 2$ M $= \frac{1}{48}$ af den hele betyngende Masse vil altsaa give G en tiltagende Hastighed af 4 Tommer i det förste Secund, altsaa en Slutningshastighed af 8 Tommer i hvert Secund. Den til G hörende Ring fastskrues ved den 4de Tomme fra oven, og den til F hörende ved den 4de Tomme fra neden paa Faldmaskinens Maalestok. Ved Gjennemgangen igjennem Ringene vil da G miste $1\frac{1}{6}$ M af sin Vægt, altsaa beholde tilbage $37\frac{5}{6}$ M, og F vil föröges med $1\frac{1}{6}$ M, altsaa komme til at udgjöre $38\frac{1}{6}$ M. Denne sidste vil altsaa faae en Overvægt over G $= \frac{1}{3}$ M, der vil give den en Faldhastighed af $\frac{2}{3}$ Tomme i det förste Secund. De övrige Forberedelser til Forsöget blive som forhen.

Man udtager nu Gaflen af Styreren K, og idet Vognen skrider frem, bliver ved det förste Secundslag Skaalen F fri, og Skaalen G synker da 4 Tommer i det förste Secund; ved det næste Secundslag gaae G og F igjennem Ringene, hvorved den jevntvoxende Hastighed, som F har, forandres til jevntaftagende, medens paa samme Tid Vognens voxende Hastighed bliver forandret til eensformig.

Skaalen F, der i dette Öieblik befinder sig ved 0 paa den horizontale Side og 44 fra oven paa den verticale, eller ved b, vedbliver nu at stige i det förste Secund derefter $7\frac{1}{3}$, i det andet 6, i det tredie $4\frac{2}{3}$, i det fjerde $3\frac{1}{3}$, i det femte 2 og i det sjette $\frac{2}{3}$ Tomme, medens Vognen regelmæssig er gaaet 4 Tommer frem i hvert Secund.

Ved Slutningen af det sjette Secund har Tyngden aldeles overvunden Stigekraften af F, og virker nu alene; desaarsag vil da Skaalen F med jevntvoxende Hastighed falde $\frac{2}{3} + 2 + 3\frac{1}{3} + 4\frac{2}{3} + 6 + 7\frac{1}{3} = 24$ Tommer, medens at Vognen endnu har sin sædvanlige jevne Hastighed. Ved det 13de Secundslag efterat Skaalerne G og F gik igjennem Ringene, ville disse igjen naae Ringene, og Vognen stöde an mod Banden af Bordet. Skaalen F, der nu atter befinder sig ved 44 Tommer fra

Plade XII. oven og 48 Tommer fra det horizontale Nulpunct, eller ved b^{XII}, har altsaa beskrevet den parabolske Bue b b^{I} b^{II} ... b^{XI} b^{XII}.

OTTENDE FORSÖG.

Parabel, hvorved Legemet stiger 18 Tommer, medens det föres 48 Tommer fremad i horizontal Retning.

Naar Tiden, som anvendes til Forsöget, fastsættes til den samme, som i de foregaaende Forsög, saa maa Skaalen F have en Stigningshastighed af 6 Tommer i hvert Secund, og en Faldhastighed af $\frac{1}{2}$ Tomme i det förste Secund; Höiden, hvortil Skaalen stiger, bliver da $6 \times 6 - \frac{1}{2} \times 6^2 = 18$ Tommer. Man fordele til den Ende Vægten paa följende Maade. Paa Skaalen F lægges $37\frac{1}{4}$ M og paa Skaalen G $37\frac{7}{8}$ M, samt desuden paa G en Stang $= \frac{7}{8}$ M, og paa den til F hörende Ring en Stang af samme Vægt. Ringene fastskrues ved den tredie Tomme fra oven og neden paa Faldmaskinens Maalestok; de övrige Forberedelser ere som forhen.

Man begynde nu Forsöget ved at udtage Gaflen ved et Secundslag paa Uhret. Vognen gaaer nu frem med sædvanlig Hastighed. Ved det förste Secundslag efterat Gaflen er udtagen, bliver Skaalen F fri, og ved det andet gaae Skaalerne G og F igjennem Ringene, hvorved den tiltagende Hastighed af Vægten F forandres til jevn aftagende, paa samme Tid, som Vognens Bevægelse er bleven eensformig. Skaalen F, der nu befinder sig ved 3 Tommer franeden, eller 45 fra oven og ved det horizontale Nulpunkt, stiger nu i de förste 6 Secunder $5\frac{1}{2} + 4\frac{1}{2} + 3\frac{1}{2} + 2\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 18$ Tommer, medens i samme Tid Vognen med jevn Hastighed er gaaet 24 Tommer frem. Ved Slutningen af det sjette Secund er hele Stigekraften af F overvundet, og nu vil Skaalen efter Tyngdens sædvanlige Love falde i de næste 6 Secunder 18 Tommer, medens at Vognen med jevn Hastighed er skredet 24 Tommer frem. Ved Slutningen af det tolvte Secund gaae Skaalerne atter igjennem Ringene, og Vognen stöder mod Banden af Bordet. Skaalen F, der altsaa nu befinder sig 45 Tommer fra oven, og 48 Tommer fra Skjermens horizontale Nulpunkt, har da saaledes beskrevet Parabelen c c^{I} c^{II} ... c^{XI} c^{XII}.

Instrument, der viser, at et Legeme, der falder ned fra en Höide paa et i Bevægelse værende Legeme, följer Retningen af dettes Bevægelse.

Plade X. Fig. 11. Fig. 13 og 14

I den hule Stötte, der er opreist paa den, ved Beskrivelsen af det forrige Instrument tilstrækkeligen omtalte Vogn ABCD (Pl. 10, Fig. 11), er istedetfor Overdelen og Maalestokken af den Atwoodske Faldmaskine, indsat en Galge af Træ EFG (Fig. 11, 13 og 14), der ved en Skrue S (Fig. 11) kan fastholdes i enhver Höide. Denne Galge er saaledes indrettet, at et Legeme, f. Ex. en Metalkugle, der lægges i Bægeret H, kan under Vognens Bevægelse bringes til at falde ned.

Til den Ende er paa den ene Kant af Galgens horizontale Deel fastgjort en Tridse G, og henimod den modsatte Kant er der boret et tilstrækkelig stort Hul. Oven over dette er Bægeret befæstet, der sees efter en större Maalestok i Fig. 12.

Dette Messingbæger H er uden Bund; under det ligger derimod en Skaade I, mellem to ligeledes med Huller forsynede Messingstykker, der tjene til at fastgjöre Bægeret med Tilbehör til Overbjelken FG (Fig. 11). Skaaden I har paa sin ene Ende en lille Knap, hvortil kan fastgjöres en Snor,

der over Tridserne G og I (Fig. 11) gaaer ned til den allerede forhen beskrevne Klap K paa Vognens Underside (Fig. 14). Plade X.

Ved den anden Ende har denne Skaade et Hul af samme Störrelse som Bægerets indvendige nederste Aabning. Saasnart altsaa denne Skaade er stillet saaledes som Fig. 12 viser, kan en i Bægeret indlagt Kugle blive liggende deri; men den maa falde ud, saasnart Hullet paa Skaaden kommer til at ligge lige under Bægerets nederste Aabning, som i Fig. 13. L (Fig. 11) er et Bæger, der stilles lodret under Aabningen af Bægeret H, og er bestemt til at opfange den nedfaldende Kugle. Klappen K (Fig. 14) er ved det foregaaende Instrument tilstrækkelig beskrevet, og behöver altsaa ikke paa ny at omtales. Fig. 14. Fig. 12. Fig. 13.

For med dette Instrument at anstille Forsög, fastgjör man den ene Ende af en Silkesnor ved Klappen K (Fig. 14), og förer den anden Ende af Snoren, saaledes som Fig. 11 og 13 vise, op over Tridserne I og G til den lille Knap paa Skaaden I (Fig. 12), hvor den fastgjöres saa stramt, at Klappen K maa staae i den i Fig. 14 afbildede Stilling, naar Skaalen I er stillet saaledes, at Hullet ligger udenfor Bægeret, som i Fig. 12. Den kan altsaa ikke ved Sammenstödet med Löseren S (Pl. 8) bringes i horizontal Stilling, uden at Skaaden derved trækkes saameget henimod Tridsen G, at Hullet paa den kommer til at ligge lige under Bægerets nederste Aabning.

Efterat have sat Vognen ligesom ved de foregaaende Forsög paa sine Hjul paa Marmorbordet AB (Pl. 8), lægge man en Kugle af passende Störrelse i Bægeret H, lægge Löseren S paa Bordet saaledes, at Klappen K under Vognens Gang maa stöde an imod den, og befæste Silkesnoren U (Pl. 8) paa Vognen og i Styreren. Man hænge dernæst Lodderne over Valtsen i Styreren, og indrette kort sagt alt med Hensyn til Vognens Bevægelse, som ved Forsögene med Instrumentet under dets forhen beskrevne Modification.

Udtager man nu Gaflen af Styreren, saa vil Vognen begynde at rulle frem; under dens Gang vil Klappen K stöde paa Löseren og herved trække Skaaden I henimod Tridsen G, Fig. 11 og 12 saa at Hullet kommer til at ligge lige under Bægerets nederste Aabning; följelig maa den ikke længer understöttede Kugle falde ned igjennem Hullet paa Overbjelken FG efter Retningen HN (Fig. 13) og ned i det aldeles lodret derunder staaende Bæger L (Fig. 11).

Da altsaa Kuglen, skjöndt Vognen vedbliver sin Bevægelse, dog er faldet ned paa et lodret under Aabningen værende Punkt, saa er ved dette Forsög beviist, at et Legeme, der falder ned fra en Höide paa et i Bevægelse værende Legeme, f. Ex. fra en Skibsmast paa et seilende Skib, följer foruden Tyngdelinien tillige Retningen af det andet Legemes Bevægelse; thi i modsat Fald maatte Kuglen være faldet udenfor Bægeret henimod Stötten.

Instrument til at vise, at draabeflydende Legemer ogsaa beskrive Parabeler, naar de udkastes i anden Retning end den lodrette.

AB (Pl. 10, Fig. 15) er en langagtig firkantet Trækasse, paa hvis tre Sider ere opreiste tre verticale Skjerme for at hindre den til Forsöget brugte Vædske fra at spröite ud over Kassens Bredder. Paa den störste af disse Skjerme er afsat en Cirkelqvadrant fra Midtpunktet D. Tillige ere forskjellige Vinkler, hvis Toppunkter ligge i D, optrukne derpaa. Paa det ene af Endestykkerne er befæstet et foroven tragtformig udvidet Glasrör EC, der forneden er forsynet med en Staalchar- Fig. 15.

Plade X. niere D, hvori er indsat en Hane, der er saaledes boret, at det paa Siden værende fine Rör stedse staaer i Forbindelse med Hovedröret EC. Dette lille Rör lader sig följelig ved Hanens Omdreining stille under forskjellige Vinkler med Vertikalen.

Man fylde Röret EC med en Vædske, f. Ex. Qviksölv, og dreie dernæst Hanen saaledes, at det lille Rör gjör samme Vinkel mod Horizonten, som en af de paa Brettet afsatte Linier. Ifölge hydrostatiske Love, der siden blive omtalte, vilde nu Qviksölvet stræbe efter at hæve sig i Retningen DH, DG eller DF til samme Höide, som i Röret EC, hvis ikke dets Tyngde bestandig ved en Modstræben svækkede den Kraft, hvormed det skulde stige. Af samme Grunde som de, der ere udviklede for de faste Legemers Udkastning, vil Qviksölvstraalen följelig beskrive en af Parabelerne DNO, DLM eller DIK, alt efter Rörets forskjellige Stilling.

§ 18.

Enhver Bevægelse, der er frembragt ved een Kraft alene, maa nödvendigen være retliniet; thi naar der ingen Aarsag er tilstede, som forandrer Bevægelsens Retning, saa maa denne i ethvert Öieblik være den samme, som i det förste Öieblik. Saa ofte altsaa et Legeme ved sin Bevægelse beskriver en krum Linie, kan dette ikke tænkes at finde Sted, uden formedelst flere Kræfters Forbindelse, af hvilke i det mindste een under hele Bevægelsen följer Legemet, og hvert Öieblik forandrer Bevægelsens Retning. Den krumme Linie, der beskrives ved et Legemes Bevægelse, maa följelig tænkes sammensat af uendelig mange uendelig smaae rette Linier, der danne meget stumpe Vinkler med hverandre. Naar nu et Legeme bevæges i en saadan krum Linie, som löber tilbage i sig selv, og följelig omkring et Midtpunkt, der i saa Fald benævnes Bevægelsens Midtpunkt, da maa denne Bevægelse tænkes som en sammensat Virkning af tvende Kræfter, en nemlig, som, hvis den virkede ene, vilde tvinge Legemet til at bevæge sig ind imod Bevægelsens Midtpunkt, og som desaarsag kaldes *Centripetalkraft*, og en anden, der giver Legemet en saadan Bevægelse, at den, hvis den uforstyrret fortsattes, vilde före Legemet bort efter Tangenten af den krumme Linie, som Legemet under sin Bevægelse beskriver; den kaldes desaarsag *Tangentialkraft*. Da begge disse Kræfter paa eengang virke paa det bevægede Legeme, saa kan dette hverken följe den ene eller den anden af dem alene, men maa i ethvert Öieblik gjennemlöbe Diagonalen af disse Kræfters Parallellogram, og idet desuden saavel Beliggenheden af Bevægelsens Midtpunkt mod Legemet, som og Tangentens Retning hvert Öieblik forandres, saa maa de af Legemet gjennemlöbne smaae Diagonaler stedse erholde en forandret Retning, og saaledes udgjöre den krumme Linie, som bliver Legemets Bane.

Det Forhold, som finder Sted mellem disse to Kræfter, den centripetale og den tangentiale, bestemmer Naturen af den krumme Linie, som Legemet ved den forenede Virkning af disse Kræfter bringes til at beskrive.

Tangentialkraften kan endvidere tænkes sammensat af tvende andre, en, som til ethvert Öieblik vilde lade Legemet gjennemlöbe en forholdsmæssig Bue, eller en uendelig lille retliniet Deel af dens Bane, og en anden, som i samme Tid vilde, hvis den alene virkede, före Legemet fra Bevægelsens Midtpunkt. Denne sidste, hvis Retning följelig er Centripitalkraften lige modsat, kaldes desaarsag *Centrifugalkraft*.

At nu ethvert Legeme, der bevæges i en krum i sig selv tilbagelöbende Linie, ved denne Bevægelse virkelig erholder en saadan Stræben fra Bestræbelsens Midtpunkt, eller en Centrifugalkraft, vises ved följende Instrumenter. Plade XIII.

Instrumenter, som vise Centrifugalkraftens Virkninger.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 13, Fig. 1) er en cylinderformig Spand, som paa den överste Rand er belagt med en Metalring, igjennem hvis Örer der gaaer en Böile. Til denne Böile fastgjöres en Snor, som Experimentator tager i Haanden. Fig. 1.

Man fylder Spanden med en Vædske, og svinger den derpaa med en nogenlunde betydelig Hurtighed om i en Kreds. Vandet vil da under hele Bevægelsen sees at blive i Spanden, endog i de Öieblikke, hvori det, formedelst Spandens nedad vendte Aabning, maatte löbe ud. Dette Phænomen vilde være uforklarligt, hvis man ikke antog, at en bestemt Kraft under hele Bevægelsen drev Vandet fra Bevægelsens Midtpunkt (Experimentators Haand) mod Bunden af Spanden.

Af dette Forsög sees det altsaa, at der ved en Cirkelbevægelse virkelig finder en Centri fugalkraft Sted, men, at Virkningen af denne Kraft bestemmes ved det bevægede Legems Masse og dets Hastighed, eller, hvad der bliver det samme, dets Afstand fra Bevægelsens Midtpunkt; dette bliver först gjort anskueligt ved följende Instrument.

ANDET INSTRUMENT.

Centrifugalmaskinen.

Paa et trekantet Bord af Mahognitræ ABC (Pl. 13, Fig. 2) er paa det ene Hjörne A opreist en lodret Stander DE, paa hvis bageste Side er anbragt et Træhjul H, der, ved en til dets Axe fastgjort Svingel, lader sig sætte i Bevægelse, og som ved Hjælp af tvende Skruer, der gaae igjennem Standeren DE, og ind i et paa Hjulets modsatte Side beliggende Træstykke, der bærer Hjulets Axe, lader sig befæste til Standeren. For at Hjulet kan befæstes i forskjellige Höider, er der i Standeren udskaaret tvende langagtige firkantede Huller F og G, hvori Hefteskruerne kunne föres op og ned. Ved Hjörnerne B og C af Bordet ere paa verticale Staalaxer befæstede tvende horizontale Tridser, i hvis Rand ere indskaarne concentriske Furer af forskjellige Diametre, og paa hvis överste Flader staae tvende verticale Tappe, hvorpaa de Instrumenter befæstes, paa hvilke Centrifugalkraften skal yttre sin Virkning. Fra Hjulet H gaaer en Snor krydsviis ud over en med doppelt Fure forsynet Tridse I, hvorfra igjen Snorens ene Ende ledes gjennem den paa Standerens bageste Side anbragte lille Tridse K, parallel med Bordets horizontale Flade, hen om den horizontale Tridse L. Derpaa forenes den med Snorens anden Ende, der ad en aldeles lignende Vei kommer til at snoe sig om Tridsen M, saa at hele Snoren bliver sammenhængende. Paa de omtalte Tappe paa Tridserne L og M sættes nu forskjellige Stykker, ved hvilke Centrifugalkraftens Virkning skal vises, og som stedse maae befæstes saaledes, at de paasatte Stykkers Midtpunkt befinder sig nöiagtig lige over Tridsens Axe. Saadanne Stykker ere de följende: Fig. 2.

AB (Pl. 13, Fig. 3) er et Træstykke, der sættes horizontalt, og paa hvis yderste Ender ere anbragte tvende smaae verticale Standere, imellem hvilke gaaer en rund og fuldkommen glat Messing- Fig. 3.

Plade XIII.

traad. Paa denne kunne tvende gjennemborede Elfenbeenskugler af lige Masser glide frem og tilbage. Paa Stykket AB er derhos afsat en fra Midtpunktet henimod begge Enderne i ligestore Dele inddeelt Scala.

Fig. 4. Det Fig. 4 forestilte Instrument er kun deri forskjelligt fra det nys beskrevne, at Elfenbeenskuglerne her have ulige Masser, hvilke dog staae i et bestemt Forhold til hinanden.

Fig. 5. Det Fig. 5 afbildede Instrument bestaaer ligesom de forrige af et Bret med tvende Standere paa Enderne; paa Midten er tillige anbragt et mindre Stykke C, fra hvilket til begge Sider udgaae to Glasrör, der danne en skjæv Vinkel med det horizontale Bret AB.

I hvert af de parallelle Rör, som gaae til den ene Side, ere fyldte tvende forskjellige Vædsker nemlig i det ene Vand og farvet Terpentinolie eller Qviksölv, i det andet en Oplösning af kulsuurt Kali og farvet Viinaand. De tvende andre Rör ere begge fyldte med Vand, men i det ene er lagt en lille Kugle af Metal, i det andet en af Kork.

Fig. 6. Fig. 6 forestiller et Bret AB, der ligesom alle de foregaaende har paa Enderne tvende verticalt opstaaende Stykker. Paa Midten af dette Bret er fastgjort en Slags Flaske, som ved Bunden har to Aabninger, i hvilke ere indkittede to Glasrör, der danne en skjæv Vinkel med det horizontale Bret AB, og hvis Ender D og E ere udblæste i Kugleform, og stötte sig mod de ovennævnte verticale Stykker.

Fig. 7. Paa det Instrument, som forestilles Fig. 7, udgjör Messingkorset ABCD det horizontale Fodstykke, fra hvis Midtpunkt E er opreist en verticaltstaaende Staalstang EF. Paa denne er ikke langt fra dens nederste Ende, ved Punktet G fastgjorte tre smalle Ringe eller Baand, dannede af tynde Staalfjedre, som oventil ere forenede omkring Staalstangen EF, dog uden at slutte fast til denne, men med en Aabning, der er tilstrækkelig viid til at Stangen EF kan bevæge sig let derigjennem.

Fig. 2. Paa Tridserne L og M (Fig. 2) sees et Par Instrumenter af följende Indretning.

Paa Midten af Brettet NO staae tvende verticale Messingstænger, der saavel oventil som nedentil ere forbundne ved tvende horizontale Tverstykker, der ligeledes ere af Messing, og af hvilke saavel det överste som det nederste bærer paa Midten en Tridse. Indenfor de to verticale Messingstænger staae to verticale Staaltraade, paa hvilke Fodstykket af en huul Messingcylinder R kan frit

Fig. 8. glide op og ned. Denne Cylinder R, som særskilt er afbildet i Fig. 8, kan ved indlagte Lodder erholde en forandret Vægt. Fra dens Midtpunkt gaaer en Silkesnor op over den Tridse, der er anbragt paa det överste af de horizontale Tverstykker; fra denne ned over den nederste Tridse og langs hen med Brettet NO. Herved sættes Cylinderen R i Forbindelse med en anden huul Cylinder S, der paa fire let bevægelige Ruller glider hen ad to runde og glatte horizontalt spændte Metaltraade.

Fig. 9. Ved den sidstnævnte Cylinder S, som særskildt er forestillet i Fig. 9, og som ligeledes ved indlagte Lodder kan modtage en forandret Vægt, er nedentil anbragt en meget let bevægelig skraa liggende Fjeder eller Klap T, som vel ikke hindrer Cylinderen S i at glide fra Midten af Brettet NO henimod den ene Ende; men derimod forhindrer enhver Bevægelse af S i den modsatte Retning, idet den nemlig stöder an mod en med Tænder forsynet Stang, der er anbragt over Delingspunkterne af den paa Brettet afsatte og fra Midten henimod begge Enderne i ligestore Dele inddeelte Scala.

Fig. 10. AB (Fig. 10) forestiller en Skive, der kan befæstes paa en af Centrifugalmaskinens horizontale Tridser, og hvorpaa er fastgjort et Glasbæger i Form af en afkortet Regle.

Instrumentets Brug.

Befæster man Brettet AB (Fig. 3) paa en af Centrifugalmaskinens horizontale Tridser L eller M (Fig. 2), og dreier derpaa det store Hjul H, da forplantes dette Hjuls Bevægelse formedelst Snoren til de horizontale Tridser, og til det Instrument, der er befæstet paa en af dem. Elfenbeenskuglerne, som glide paa Metaltraadene, sættes altsaa i en circulair Bevægelse, og erholde herved en Kraft til at fjerne sig bort fra Bevægelsens Midtpunkt (her den inddeelte Scala's Midtpunkt), og man vil nu see begge Kuglerne bevæge sig bort fra Centret. Plade XIII. Fig. 3.

Da disse Kuglers Masser ere ligestore, saa bestemmes Forholdet imellem deres Centrifugalkræfter ved den Hastighed, hvormed de bevæges. Men da begge Kugler, i hvor forskjellige end deres Afstande fra Midtpunktet ere, dog gjennemlöbe deres Cirkler i ligestore Tider, saa forholde sig deres Hastigheder som de gjennemlöbne Rum, det er, som de Cirkler, Kuglerne under Omdreiningen beskrive. Men da disse Cirkler forholde sig som deres Radier, hvilke ere Kuglernes respective Afstande fra Bevægelsens Midtpunkt, saa bliver det altsaa disse Afstande alene, som ved dette Instrument bestemme Centrifugalkræfternes Forhold.

Dette viser sig ogsaa ved följende Forsög:

1. Sætter man den ene Kugle lige over Scalaens Nulpunkt, men den anden i en vilkaarlig Afstand fra samme, da vil under Omdreiningen den förste, hvis Afstand fra Bevægelsens Midtpunkt er liig Nul, blive ubevægelig, den andens Inertie derimod vil, strax efter at Bevægelsen er begyndt, overvindes af Centrifugalkraften, som förer Kuglen henad Metaltraaden til Instrumentets verticale Endestykke.
2. Sætter man begge Kuglerne i samme Afstande fra Scalaens Nulpunkt, da ville de begge i samme Öieblik have overvundet Inertien, og derfor paa eengang træffe hver sit Endestykke.
3. Sættes Kuglerne i forskjellige Afstande fra Scalaens Nulpunkt, da vil den, hvis Afstand er störst, först begynde sin Bevægelse, og först naae Metaltraadens Ende.
4. Sætter man Kuglerne som ved förste Forsög, men forbinder dem med en lös Silketraad, da vil den bevægede Kugles Centrifugalkraft endog overvinde den hvilendes Inertie, og drage den med sig til det verticale Endestykke.
5. Sætter man Kuglerne som ved andet Forsög, og forbinder dem ved en Silketraad, da blive Centrifugalkræfterne ligestore; men da de virke i modsatte Retninger, saa blive begge Kuglerne i uforandret Afstand fra Bevægelsens Midtpunkt, og derfor stillestaaende.
6. Sættes de forbundne Kugler paa forskjellige Sider af og i forskjellig Afstand fra Scalaens Nulpunkt, da vil Centrifugalkraften af den Kugle, som er længst fra Bevægelsens Midtpunkt, overvinde den andens Centrifugalkraft, og hiin Kugle vil sees at trække denne med sig.

Sætter man paa en af Centrifugalmaskinens horizontale Tridser Instrumentet Fig. 4, da bestemmes Centrifugalkraftens Virkninger vel ligesom i forrige Tilfælde ved Afstanden fra Bevægelsens Midtpunkt, men desuden og ved Masserne, hvilket sees af följende Forsög: Fig. 4.

1. Forbindes Kuglerne ved en Traad, og sættes i lige Afsande fra Scalaens Nulpunkt, da vil den större Kugle under Omdreiningen sees at drage den mindre med sig.
2. Giver man den mindre Kugle en Afstand fra Scalaens Nulpunkt, der er saamange Gange större end den större Kugles Afstand, som dennes Masse er större end hiins, da ere Centrifugalkræfterne ligestore, og Kuglerne ville sees at holde hinanden i Ligevægt.
3. Giver man den mindre Kugle en saadan Afstand fra Scalaens Nulpunkt, at Productet af dens

Plade XIII.

Masse og Afstand bliver större end Productet af den större Kugles Afstand og Masse, da erholder den mindre Kugle den störste Centrifugalkraft, og vil sees at drage den större Kugle med sig.

Fig. 5. Befæstes Instrumentet Fig. 5 paa Centrifugalmaskinens Tridse, da vil Vandet i det ene skraatliggende Rör, saalænge Instrumentet staaer stille, formedelst sin större specifiske Vægt indtage den nederste Plads, og Terpentinolien den överste; i det andet Rör staaer af samme Grund Viinaanden överst og Potaskeoplösningen nederst; i det tredie Rör ligger Metalkuglen paa Bunden, og i det fjerde svömmer Korkkuglen ovenpaa.

Sættes nu Maskinen i Bevægelse, da erholde alle de i hine Rör indesluttede Materier en Stræben fra Bevægelsens Midtpunkt, og da ingen af dem kan forlade de Rör, hvori de ere indesluttede, saa maa hele Centrifugalkraftens Virkning yttre sig ved Bevægelse i Rörene selv, eller ved i disse at före de Materier længst bort fra Bevægelsens Midtpunct, ved hvilke Productet af Masse og Hastighed er störst. Derfor sees i det förste Rör Vandet formedelst sin overveiende Centrifugalkraft at trykke saa stærkt mod Terpentinolien, at denne, der som al anden Materie er uigjennemtrængelig, nödes til at vige for Vandet, og altsaa selv indtage den nederste Plads i Röret, hvilken Vandet indtog för Omdreiningen. Af samme Grund sees og i det andet Rör de flydende Materier at ombytte deres Pladser. I det tredie træffer Metalkuglen paa ethvert Sted i Röret en Vanddeel, hvis Afstand fra Midtpunctet er lige saa stor som dens egen, men hvis specifiske Vægt eller Masse er mindre; Kuglen vil altsaa paa ethvert Sted i Röret have större Centrifugalkraft end den tilsvarende Vanddeel, og den sees desaarsag at bevæge sig igjennem hele Röret til dettes överste Deel. Omvendt vil derimod i det fjerde Rör Korkkuglens Centrifugalkraft stedse være mindre end den tilsvarende Vandmængdes, og vil desaarsag uafbrudt fortrænges fra sin Plads, saaledes at den tilsidst sees at befinde sig nederst i Röret.

Paa en Maade kan dette Instrument tjene til at forklare, hvorledes ved flere Materier, der ere indesluttede i samme Rum, den overveiende centrifugale Stræben hos nogle synes at frembringe en centripetal Stræben hos de andre. Dette Phænomen gav Cartesius Anledning til Fremsættelsen af hans mere skarpsindige end rigtige Hypothese om Tyngdens Aarsager. Han antog nemlig, at der uden om vor Jordklode gik en Hvirvel af en overordentlig fiin Materie, med en overordentlig stor Hastighed, og som just formedelst denne sin store Hastighed maatte faae en saa betydelig Centrifugalkraft, at den hos alle andre Legemer som den traf, maatte frembringe en centripetal Bevægelse. Dennne Hypothese er ved Newton's Undersögelser fra saa mange Sider gjendrevet, at den siden den Tid ganske er hensunken i Forglemmelse.

Fig. 6. Bringes Instrumentet Fig. 6 paa Maskinens Tridse, og heldes der noget Vand, eller nogen anden Vædske i Flasken, da vil dette, saalænge Instrumentet er i Hvile staae ligesaa höit i Flasken, som i de med den forbundne Rör, og indtage de laveste Steder. Men i det Öieblik Omdreiningen begynder, virker Centrifugalkraften paa Vandet, som, da det ikke finder nogen, eller i det mindste kun en ubetydelig Modstand af den Luft, der er i Röret, overvinder Tyngdekraften, og stiger op igjennem det skraae Rör ind i de hule Kugler D og E.

Fig. 7. Befæstes Instrumentet Fig. 7 paa Centrifugalmaskinens Tridse, da beskriver ethvert Punkt af de elastiske Staalfjedre under Omdreiningen en Kreds om dets Bevægelsescentrum; det er om det Punkt af Staalstangen FE, hvor denne træffes af den Perpendiculair, der kan drages til den fra det bevægede Punkt. Ethvert af disse bevægede Punkter har forskjellig Afstand fra Axen, og altsaa for-

skjellige Hastigheder; men intet Punkt har större Hastighed end det, der ligger lige ud for Midten af HG; eller med andre Ord: Bestræbelsen til at flye fra Midtpunktet maa her vise sig stærkest. Da nu Staalfjedrene ere elastiske, saa trække disse Punkter sig under Bevægelsen efterhaanden længere ud fra Staalstangen FE, hvorved de övrige Punkter nödes til at give efter, og Aabningen H vil trække sig ned af Staalstangen, som den omgiver. I det Öieblik derimod, da Bevægelsen ophörer, gjenindtage Fjedrene, formedelst deres Elasticitet, deres forrige Stilling, og Aabningen H befinder sig atter paa samme Sted, som för Omdreiningen. Plade XIII.

Hvorledes dette Forsög kan tjene til at forklare Jordklodens Ophöining under Æqvator, og deraf följende Nedtrykning ved Polerne formedelst dens Omdreining om dens Axe, er indlysende nok, og behöver ikke nærmere at udvikles.

Ved de tvende Instrumenter, som ere forestillede fastgjorte til Centrifugalmaskinen Fig. 2 bestemmes de centrifugale Kræfters Virkning ved de horizontalt glidende Cylindres Afstande fra Bevægelsens Midtpunkt, og ved Masserne; disse sidste bestemmes her ved de i de horizontalt glidende Cylindre lagte Vægte. Maalet for Centrifugalkræfternes Virkning bliver da Vægtene, der under Bevægelsen kunne föres opad paa de verticalt glidende Stykker, og ere at ansee, som de overvundne Centripetalkræfter. Fig. 2.

Dette vises ved följende Forsög:

1. Lægges ligestore Vægte i begge de verticalt glidende Cylindre, og ligeledes i de horizontalt glidende, samt stilles disse sidste i ligestore Afstande fra Midtpunktet, da begynde de begge paa samme Tid at bevæge sig henimod Endestykkerne af Bretterne, og at löfte de verticalt glidende Cylindre.
2. Giver man de horizontalt glidende Stykker forskjellig Vægt, men stiller dem saaledes, at deres Afstande fra Midtpunktet forholde sig omvendt som de indlagte Vægte, da indtræffer det samme.
3. Beholde de horizontalt glidende Stykker lige Vægte, men stilles i ulige Afstande, da begynder det Stykke först at bevæge sig, som har den störste Afstand.
4. Forandrer man Modvægtene paa de verticalt glidende Stykker saaledes, at disse forholde sig som de horizontalt glidende Stykkers Afstande, da begynde disse deres Bevægelser paa samme Tid.

Sættes Instrumentet Fig. 10 paa Centrifugalmaskinens Tridse, og heldes noget Vand i Glasset CD, da vil dette under Omdreiningen sees at hæve sig formedelst Centrifugalkraften langs op ad Glassets skraae Sider, og efterlade et tomt Rum i Midten. Dette overbeviser man sig om derved, at et Stykke Papir, som under Bevægelsen holdes mod Glassets Bund ikke bliver vaadt. Fig. 10.

En mærkelig Anvendelse af Centrifugalkraften er den hessiske Pompe.

TREDIE INSTRUMENT.

Den saakaldte hessiske Pompe bestaaer af tvende cylinderformige Kar AB og CD af forniseret Blik (Fig. 11), der paa den ene Side ere loddede sammen, og ved Bunden forenede ved et lidet Rör. Lidet over Höiden af det mindre Kar CD, gaaer uden om det större en horizontal Ring, fra hvis yderste Rand hæver sig en vertical Ring EFG, saa at der mellem denne sidste og Ydersiden af Karret AB bliver et Rum eller en Rende, hvori den ovennævnte horizontale Ring er Bunden. Tvers over denne Rende ligger det horizontale Tverstykke EG, som i Midten er gjennemboret for at mod- Fig 11.

Plade XIII. Fig. 12. tage Axen HI (Fig. 12), der med den nederste Ende staaer i en Ring paa Bunden af Karret AB. Til denne Axe HI er formedelst tvende Krydsstykker ved K og L fastgjorte fire skjævtstaaende Blikrör, hvis nederste Aabninger staae lidet over Bunden af Karret AB, og hvis överste Ender ere böiede saaledes, at deres överste Mundinger helde nedad ind i den omtalte Rende paa Karret AB. Tæt ved Bunden af Renden er paa den verticale Ring anbragt en Aabning ved N, hvorigjennem Vandet, der er hævet op i Renden, kan flyde ind igjen i Karret CD.

Fylder man altsaa Karret AB omtrent til dets halve Höide med Vand, og dreier nu ved Svingelen M Axen HI og de dertil befæstede fire skraatliggende Rör, da erholder det Vand, der staaer i Rörene, en centrifugal Bevægelse, som vil overvinde dets Tyngde, og före det op igjennem Rörene og udaf disses böiede Ender ind i Renden. Herfra flyder det igjennem Aabningen N ud i Karret CD; og da dette igjennem Röret ved D igjen afgiver det modtagne Vand til Karret AB, saa kan dette Forsög fortsættes saalænge man lyster.

ANDEN AFDELING.

Statik og Mekanik.

§ 19.

Tyngdepunktet er det Punkt i ethvert Legeme, om hvilke alle dets Dele ere i fuldkommen Ligevægt. Tyngdepunktets Beliggenhed lader sig paa adskillige Maader ved Forsög udfinde.

Ophænger man et Legeme ved en Axe, hvorom det frit kan bevæge sig, saaledes som ABC (Pl. 14, Fig. 1), og hænger ved samme Punkt en Snor med et Lod AE, saa maa Legemets Tyngdepunkt falde i den Flade, der kan lægges igjennem Axen, hvorved det er ophængt, og Snorens Axe; thi igjennem denne Linie vilde Legemet være faldet, hvis det ikke havde været understöttet. Drog man altsaa en Linie paa hver Side af Snoren, og en midt imellem disse, först paa den ene Side af Legemet, og siden paa den anden, saa havde man Begrændsningen af en Tyngdeflade. Ophængte man nu Legemet paa samme Maade ved et andet Punkt f. Ex. B (Fig. 2), og bestemte paa en lignende Maade nok en Tyngdeflade, da maatte Tyngdelinien falde i den Linie, hvorefter disse Flader skiere hverandre, og altsaa vilde Legemet, naar det var ophængt ved en Axe, der gik igjennem denne Linie, kunne holde Ligevægt i enhver Stilling.

Plade XIV. Fig. 1. Fig. 2.

Var det Legeme, hvis Tyngdelinie man saaledes havde bestemt, af en ringe Tykkelse, ligeartet Materie heelt igjennem, og begrændsedes det af tvende parallelle Flader, da maatte Tyngdepunktet ligge i Midten af Tyngdelinien.

Havde Legemet derimod en hvilkensomhelst anden Figur, da maatte man paa den omtalte Maade finde en tredie Tyngdeflade, der skar de tvende foregaaendes Skæringslinie et eller andet Sted.

Da nu Tyngdepunktet skal ligge i alle disse tre Flader, der kun have et eneste Punkt tilfæl-

leds, saa maa det ligge i deres fælleds Skæringspunkt. Da imidlertid Punkterne F paa Overfladen, hvor Lodlinierne skære hverandre, ligge i Tyngdelinien, saa kan man dog alligevel faae Legemet til at hvile, ved at understötte et af disse Punkter. Lægges saaledes Legemet paa den kegleformige Spidse (Fig. 3), at Keglespidsen ligger i Punktet F, og træffer man endelig ved Forsög at give Legemet den Stilling, at det modsvarende Punkt paa den anden Side ligger lodret over Keglens Spids, da vil Legemet kunne holde Ligevægt paa den. Plade XIV. Fig. 3.

Hvorledes Tyngdepunktet endnu paa en anden mekanisk Maade kan söges og understöttes, samt hvorledes dette Punkt forandrer sit Sted i Legemet, saa ofte Forholdet mellem Legemets Massedele forandres, kan vises ved följende Instrument.

FÖRSTE INSTRUMENT.

ABC (Pl. 14, Fig. 4) er et trekantet skjævt afskaaret Prisma af Træ, der hviler paa sin ene retvinklede Sideflade **AB**, saa at den skarpe Kant, som er begge de andre Sidefladers Overskæringslinie, staaer opad. Fig. 4.

DEFG er en firkantet Kasse af Blik, i hvilken ere indrettede nogle Rum til at modtage forskjellige faste eller flydende Materier.

Skyder man nu först den tomme Kasse frem og tilbage paa den skarpe Kant af Prismet saalænge, indtil den omsider hviler paa samme, da befinder sig Kassens Tyngdepunkt i den verticale Plan, som gaaer gjennem hiin Kant, eller den Linie paa Grundfladen af Kassen, som Kanten berörer. Sættes derpaa Kassens Grundflade efter en anden Retning over samme Kant, da bestemmes derved, paa samme Maade som för, en vertical Plan, hvori Tyngdepunktet ligeledes maa befinde sig, ligesom ogsaa det Punkt paa Grundfladen, der ligger lodret under Tyngdepunktet, og som altsaa maa være understöttet, hvis hele Kassen skal hvile.

Fylder man nu, efter at have bragt den tomme Kasse i Ligevægt paa Prismets skarpe Kant, et af Rummene med en eller anden fast eller flydende Materie, eller og forskjellige Rum med Materier af forskjellig Vægt, da vil Tyngdepunktet forandre sit Sted i Kassen, og man vil see sig nödt til at stille Prismets Kant under en anden Deel af Kassens Grundflade for at vedligeholde Ligevægten. Havde saaledes den tomme Kasse hvilet formedelst en Understöttelse i C, og man fyldte det ved D nærmeste Rum med Vand, og lod de andre være tomme, da maatte Prismets Kant rykkes nærmere mod D; fyldtes derimod det ved E nærmeste Rum tillige med Blyhagl, da maatte Prismets Kant rykkes hen mellem C og E, for at Kassen i dette Tilfælde kunde blive i Ligevægt.

Af denne Forklaring over Tyngdepunktet följer, at ethvert Legeme, hvori dette Punkt er understöttet, hviler i hvilkesomhelst Stillinger, fordi den Linie, hvorigjennem Legemet skulde falde, da er understöttet, og Massens forskjellige Deles Bestræbelse til at falde ophæve hinanden. Altsaa er et Legeme sikkret for Fald, naar Verticallinien gjennem Tyngdepunktet falder indenfor den understöttede Grundflade, hvorfor ogsaa hele Legemets Tyngde kan ansees som forenet i Tyngdepunktet.

Dette bliver tydeligt ved Legemer, som formedelst deres skraae Stilling synes at ville falde; men alligevel af hiin Aarsag blive staaende.

Plade XIV.

ANDET INSTRUMENT.

Fig. 5. **ABF, DEI** ag **GHM** (Pl. 14, Fig. 5) ere tre hule afkortede skjæve Pyramider af let Træ, der passe saaledes til hverandre, at, de satte ovenpaa hverandre, udgjöre en eneste afkortet skjæv Pyramide, der ved to Snit, parallelle med Grundfladen, er deelt i tre Stykker. Inden i ethvert af disse Stykker kan et Blylod af samme Form lægges.

Man sætte den hele Pyramide, bestaaende af de tre ovenfor beskrevne afkortede skjæve Pyramider, paa et horizontalt Underlag, og man vil see, at uagtet den betydelige Heldning mod Horizonten, som den har, da nemlig Perpendiculairen **MT** falder udenfor Grundfladen, saa bliver den ikke destomindre staaende, fordi dens Tyngdelinie falder indenfor Grundfladen.

Lægges nu Blyloddet inden i det nederste Stykke, da flyttes Tyngdepunktet, som antages i **N**, endnu dybere ned, og Pyramiden staaer endnu fastere end forhen.

Lægges Blyloddet inden i Pyramidens andet Stykke, da vil den vel endnu staae, fordi Faldlinien **PR** af Tyngdepunktet, naar dette antages i **P**, ligger indenfor Grundfladen **AC**; men den staaer ikke meget sikkert, efterdi **PR** falder saa nær ved Grundfladens Grændser.

Lægges endelig Blyloddet inden i Pyramidens överste Stykke, da vil Tyngdepunktet formedelst Blyets större Vægt ligge höiere, f. Ex. ved **V**. Faldlinien **VS** kommer altsaa udenfor Grundfladen, og Pyramiden vil derfor ikke længer kunne holde sig i den oprette Stilling.

Fig. 6. **Pl. 14, Fig. 6** forestiller en Model af det bekjendte skjæve Taarn i Pisa, hvis betydelige Heldning mod Horizonten synes saameget at stride mod den Fasthed, hvormed det desuagtet staaer, at Adskillige have troet, at det var saaledes bygget med Flid, hvilket dog modsiges af Andre. Aarsagen til Taarnets faste Stilling maa söges deri, at Faldlinien af dets Tyngdepunkt træffer inden for Grundfladen.

Da Tyngdepunktet, naar det ikke er understöttet, stræber at falde eller nærme sig Jordens Centrum, saa forstaaes heraf de Phænomener, som vise sig ved följende Instrumenter.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 7. **AB** (Pl. 14, Fig. 7) er et Bret, paa hvis Ender staae lodret to mindre Stykker **AC** og **BD**. Imellem disse ligger parallel med Brettet **AB** en Træcylinder **CD**, der ved den paa Axen fastgjorte Svingel **E** kan omdreies, og paa hvis Overflade er indskaaret en Sneglegang saaledes, at den indenfor er videre end ved Overfladen. Ved Sneglegangens Endepunkter ere tvende Huller, der ere rummelige nok til at kunne modtage en Kugle, der paa ethvert andet Sted i Sneglegangen vel kan glide, men ikke falde ud.

Ved Stykket **F**, der stilles i Takkerne imellem **G** og **H** paa den horizontale Flade **IK**, der tjener Instrumentet til Fodstykke, kan man efter Behag give Cylinderen en forskjellig Hældning. Lægger man en Elfenbeenskugle af passende Störrelse ind i Hullet ved Sneglegangens nederste Endepunkt, og dreier derpaa Svingelen uafbrndt rundt, da vil Kuglen hvert Öieblik befinde sig paa en Skraaning, der kan ansees som en meget liden Skraaplan, af hvilken den vil stræbe at glide ned; men da denne Skraaplan formedelst Cylinderens Omdreining hvert Öieblik forandrer sig, saa kommer Kuglen ved at glide ned paa ethvert Punkt i Sneglegangen, til at gjennemlöbe denne, og saaledes stige indtil den överste Ende, hvor den falder ud.

Iövrigt er dette Instrument egentlig kun udtænkt, for ved faste Materier tydeligere at vise det Phænomen, som ved det följende Instrument (Archimedes's Vandskrue) viser sig ved flydende.

FJERDE INSTRUMENT,

Plade XIV.

AB (Pl. 14, Fig. 8) er et Blikfad, i hvis ene Ende staaer en lodret Stötte **CD**, paa hvilken den skraaliggende Blikcylinder **EF** hviler. Denne Cylinders Axe, der foroven er forsynet med en Svingel **G**, ender sig forneden i en Tap, der bevæger sig i et paa Fadets Bund anbragt lidet Rör. Uden om Cylinderen **EF** snoer sig i en Sneglelinie et i begge Ender aabent Blikrör, hvilket ved dette Instrument gjör samme Tjeneste som den indskaarne Sneglegang ved det forrige. Fig. 8.

Fyldes Fadet **AB** med Vand, og dreies derpaa Svingelen **G**, da gaaer ved hver Omdreining Blikrörets nederste aabne Ende ned under Vandfladen, og optager deraf noget Vand, hvilket, paa samme Maade som Elfenbeenskuglen ved det forrige Instrument, glider igjennem hele Röret op til dets överste Ende, hvor det endelig löber ud.

Ligesom et Legemes Tilböielighed til at falde bliver desto större, jo höiere Tyngdepunktet ligger over Grundfladen, saa staaer ogsaa omvendt Legemet, under iövrigt lige Omstændigheder, desto sikkrere, jo dybere Tyngdepunktet i det ligger.

Derfor sees den Pl. 14, Fig. 9 forestilte Dukke af Hyldemarv, hvis halvkugleformige Fod er af Bly, stedse at bringe sig selv tilbage i den opreiste Stilling, hvorledes man end lægger den. Fig. 9.

Anvendelsen af Tyngdepunktets Bestræbelse til stedse at söge det nederste Sted, sees af *Cardans* Lampe.

FEMTE INSTRUMENT.

ABCF og **ADCE** (Pl. 14, Fig. 10) ere tvende cirkelrunde Messingringe, der ere satte lodrette paa hinanden, og forbundne ved **A** og **C**. Midt imellem disse, og altsaa lodret paa dem begge, gaaer en tredie cirkelrund Messingring **BDFE**, der har samme Störrelse som enhver af de förstnævnte, og som forbindes med den ene ved **B** og **F**, og med den anden ved **D** og **E**. Fig. 10.

Paa den indvendige Side af disse Ringe er ved **B** og **F** tvende Huller, hvori der bevæger sig to Tappe **BG** og **FI**, der bære den mindre Messingring **GHIK** og ere at ansee som Stykker af denne Rings forlængede Diameter.

Paa den indvendige Side af denne Ring ere ved Punkterne **H** og **K**, som begge ligge midt imellem **G** og **I**, atter anbragte to Huller, i hvilke de Tappe bevæge sig, der ere fastgjorte ved selve Lampen **L**.

Denne Lampes överste Deel er forarbeidet af tyndere Metal, end den nederste Deel, i hvilken Lampens Tyngdepunkt desaarsag befinder sig.

Pröver man at give de tvende ydre faste Ringe hvilken Stilling eller Heldning mod Horizonten, man behager, saa vil man see, at Lampen desuagtet stedse beholder den samme Stilling, saa at den letteste Deel, hvori Vægen sidder, stedse bliver överst. Olien hindres herved fra at spildes, og Vægen fra at slukkes.

Det er bekjendt, at en lignende Ophængningsmaade af Skibscompasset sikkrer dette for den skadelige Indflydelse, som Skibets Slingring ellers vilde have paa dets Stilling.

Er et Legeme saaledes understöttet, at Underlaget vel hindrer hele Legemet fra at falde lodret ned, skjöndt alligevel den verticale Linie gjennem Tyngdepunktet falder udenfor Legemets Grundflade, da vil Tyngdepunktet stræbe at indtage det nederste Sted, og altsaa Legemet falde hen efter den Side, efter hvilken Tyngdepunktet bevæger sig. Heraf forstaaes Forsögene med följende Instrumenter.

Plade XIV.

SJETTE INSTRUMENT.

Fig. 11. AB (Pl. 14, Fig. 11) er et Bret, hvis tvende Föddør C og D ere ulige höie, saa at Brettet, naar det sættes paa en horizontal Plan, danner en Skraaplan. E er en Cylinder af Træ, som paa et Sted i Nærheden af Peripherien er gjennemboret med et cirkelrundt Hul, der udfyldes med en liden Blycylinder, i hvilken altsaa hele Cylinderens Tyngdepunkt befinder sig.

Stilles Cylinderen saaledes paa Skraaplanen, at dens ved Blycylinderen bestemte Tyngdepunkt staaer lodret over det Punkt af Træcylinderen, som berörer Skraaplanen, da er Cylinderen tilstrækkeligen understöttet, og vil ikkuns i dette Tilfælde hvile.

Stilles den derimod saaledes, at det Punkt af Skraaplanen, som ligger lodret under Tyngdepunktet, er höiere end Beröringspunktet, da vil Tyngdepunktet stræbe at falde lodret til hiint Punkt, og Cylinderen maa derfor, naar den sættes ved A, rulle op ad Skraaplanen henimod B.

SYVENDE INSTRUMENT.

Fig. 12. DEFG (Pl. 14, Fig. 12) er et Legeme, der bestaaer af tvende ligestore og ligedannede rette Kegler, der ere forenede ved deres Grundflader FG, saa at de danne en Doppeltkegle. AB
Fig. 13. og AC (Fig. 13) ere tvende Skraaplaner, der ved A ere forbundne med en Hængsel, formedelst kvilken de kunne sammenstilles efter en mere eller mindre spids Vinkel.

Aabnes Skraaplanerne AB og AC saa at de danne en Vinkel, og lægges Doppeltkeglen derpaa saaledes, at den fælleds Grundflade FG ligger nær ved Skraaplanens Vinkelspids, som i Fig.
Fig. 14. 14, da vil dette letbevægelige Legemes Tyngdepunkt, der er det samme som Centret i Grundfladen FG, stræbe at indtage den lavest muelige Plads, men denne erholder den desto mere, jo mere Doppeltkeglen nærmer sig til Skraaplanernes Ender B og C, efterdi de Punkter af Keglens Overflade, der komme til at berøre Skraaplanen, stedse komme nærmere til Keglens Axe.

Saaledes synker da virkeligen Doppeltkeglens Tyngdepunkt dybere og dybere, alt som Keglen ruller hen ad Skraaplanerne fra Enden A til Enderne B og C, skjöndt hele Legemet selv synes at stige derved.

Da imidlertid Tyngdepunktets Synkning er Grunden til Legemets tilsyneladende Stigning, saa indseer man lettelig, at den Linie som Spidsen beskriver under Bevægelsen, hverken kan være parallel med Grundlinien af Skraaplanerne, eller convergerende mod A.

Denne Linie kan man let bestemme ved at maale de Höider, hvori Spidsen befinder sig paa de forskjellige Steder af dens Bane.

Er denne Linie parallel med Grundlinien, da ligger Tyngdepunktet allevegne lige höit, og der er följelig ingen Grund til Stigning. Er den convergerende mod A, da ligger Tyngdepunktet paa dette Sted dybere end det ligger höiere oppe paa Skraaplanerne, og Keglen vil följelig rulle ned.

Er den derimod convergerende mod B og C, da vil, som ovenfor er sagt, Keglen rulle op saalænge, indtil dens Tyngdepunkt har indtaget det lavest mulige Sted, eller indtil de Punkter af Overfladen, der beröre Underlaget ligge tæt ved Axen. Naar den er kommen til dette Sted, vil den falde ned imellem begge Planerne, naar Aabningen mellem den legemlige Vinkels Been, som disse Planer danne med hinanden, bliver större end Længden af Keglens Axe.

Man kan let overbevise sig om det her Anförtes Rigtighed, ved at give Skraaplanerne forskjellig Heldning mod Horizonten og forskjellig Vinkel med hinanden indbyrdes.

En synderlig Anvendelse af Tyngdepunktets Stræben mod Jordens Midtpunkt sees i den saakaldte chinesiske Kuldböttestöder, hvori Tyngdepunktet, der er bevægeligt, medförer ved sin Flytning fra et Sted i Figuren til et andet, nogle Bevægelser i selve Figuren, der temmelig vel efterligne adskillige af Eqvilibristernes Kunststykker. Plade XV.

OTTENDE INSTRUMENT.

Figuren, der forestilles fra Siden Pl. 15, Fig. 1, er forfærdiget af let Træ, og i Hovedet og Kroppen huul. Ved en Plade, der gaaer fra Skuldrene til Overkroppens underste Deel, er den hule Krop afdeelt i tvende Rum. Fig. 1.

Denne Plade a b c d, der paa Gjennemsnitstegningen af Kroppen, Fig. 3, tydeligst sees, har tvende Gjennemgange b f og d e, ved hvilke Kroppens tvende Huulheder staae i Forbindelse. I Huulhederne befinder sig saameget Qviksölv, at det vel ikke kan opfylde Rummet aldeles, men dog være tilstrækkeligt til at bestemme Tyngdepunktets Sted i den forresten lette Figur. Gjennem Skuldrene gaaer en liden Axe g h (Fig. 2) paa hvis Ender Armene ere let bevægelige, og imellem Armene og Kroppen ere befæstede tvende smaae Tridser i k og l m, fra hvilke en Snor i l n gaaer ned til et Tverstykke o n p, der er fastgjort imellem Benene paa Figuren. Benene selv ere forbundne med Overkroppen ved en let bevægelig Axe q r, som gaaer igjennem Hofterne, og som tjener til at sætte Armenes og Benenes Bevægelse i Forbindelse. a b c d e f g (Fig. 1) er en Trappe af Træ eller Pappapir, som er indrettet efter Dukkens Störrelse, og hvorpaa den gjör sine Bevægelser. Fig. 3. Fig. 2. Fig. 1.

Stilles Figuren opreist, saaledes som i Stillingen A (Fig. 1) paa det överste af Trappens Trin, da ligger allerede Tyngdepunktet, formedelst det i den nederste Huulhed værende Qviksölv, saameget bag over, at det ikke er tilstrækkeligt understöttet, men tvinger Overkroppen til at bevæge sig om Hofteaxen, og synke tilbage. Men under denne Bevægelse, hvorved endnu Benene blive staaende, synke först Armene, der formedelst deres Letbevægelighed om Skulderaxen stedse beholde en lodret Stilling, saaledes ned, at Hænderne komme til at understötte den synkende Overkrop, og Dukken vil saaledes indtage Stillingen B. Qviksölvet, der fra Begyndelsen af indtog Kroppens nederste Deel löber nu gjennem de omtalte Gjennemgange ned i den överse Huulhed; der nu staaer lavest, og derfra ned i Hovedet, hvis Huulhed det opfylder; men herved forflyttes Tyngdepunktet til Hovedet, som desaarsag synker ned imellem Armene, medens tillige Snoren trækker Benene op over Hofteaxen, saa at Dukken erholder Stillingen C. Under denne Stilling er Qviksölvets Beliggenhed i Kroppens Huulhed saaledes, at det for störste Delen indtager de Dele, der vende mod Trappens nederste Trin, saa at Tyngdepunktet, der ikke er tilstrækkelig understöttet, bringer Figurens Overkrop til at synke om Skulderaxen, under hvilken Synkning Qviksölvet efterhaanden löber gjennem Halsen til Kroppens överste Huulhed, og derfra gjennem Gjennemgangene ned i den nederste Huulhed. Formedelst Snoren trækkes Benene ned over Hofteaxen og modtage den synkende Overkrop paa det tredie Trin, hvor Dukken altsaa erholder sin förste Stilling igjen. Saaledes fortsættes Kuldbötterne fra Trin til Trin, indtil Figuren endelig paa det laveste Trin, eller paa Bordet, hvorpaa Trappen staaer, gjör en halv Kuldbötte, og bliver liggende.

Overeensstemmende hermed ere de Bevægelser, der foretages ned ad en Trappe (Pl. 15, Fig 4) af to smaae lette Dukker, hvis udstrakte Arme ere bevægelige om Tappe ved Skuldrene, og som med Hænderne ere befæstede til to hule Stokke, i hvilke Qviksölvet, hvormed de tildeels ere fyldte, under Bevægelsen stedse forandrer Tyngdepunktets Sted for de forbundne Figurer, og tvinger dem til skifte- Fig. 4.

Plade XV. viis at staae stille paa hvert andet Trappetrin, og at svinge sig over den staaende Figurs Hoved fra det næstforegaaende til det næstfölgende Trin.

Af Tyngdepunktets lodrette Stræben mod Jordens Midtpunkt fölger, at ethvert Legeme maa hvile, naar det ikke kan synke, uden at derved Tyngdepunktet kom til at bevæge sig opad. Dette bliver tydeligt ved det Forsög, som forestilles Pl. 15, Fig. 5, hvor en Kniv lagt paa et Bord bærer en med Vand fyldt Spand.

NIENDE INSTRUMENT.

Fig. 5. ABDE (Pl. 15, Fig. 5) er en Spand, ved hvis Greb, formedelst en mod dens Bund stillet Stok, en Kniv CF er fastgjort ved C, saaledes, at den ikke kan forandre sin Vinkel med Grebets Flade.

Antages nu Tyngdepunktet for de saaledes forbundne Legemer (Kniven og Spanden), at være et Sted indenfor Spandens Grændser, saa sees let, at Spanden ikke kan falde lodret mod Jorden, efterdi Kniven ikke kan trykkes igjennem Bordet, men Spanden kan heller ikke komme til at falde efter nogensomhelst anden Retning; thi skulde en saadan Bevægelse skee, da maatte först Knivskaftets Ende F komme til at beskrive en Bue opad om det Punkt i Kanten af Bordet, som den berörer. Punktet F kunde imidlertid ikke komme til at beskrive en saadan Bue opad over Bordet, uden at Tyngdepunktet i de to urokkelig forenede Legemer maatte til samme Tid beskrive en lignende Bue opad under Bordet; men da nu en saadan Bevægelse af Tyngdepunktet opad vilde modstride dets Stræben nedad mod Jordens Midtpunkt, saa sees let, at Spanden paa ingen Maade kan komme til at synke, men maa forblive i Hvile.

De forskjellige Stillinger, som et Legemes Tyngdepunkt og Understötningspunkt kunne have imod hinanden, bestemme de forskjellige Grader af Fasthed, hvormed Legemet hviler.

Falder nemlig Tyngdepunktet sammen med Understötningspunktet (som ved Uroen i et Uhr, eller ved Inclinationsnaalen), da er Legemet, endog under forskjellige Stillinger, sikkret for Fald.

Er Tyngdepunktet over Understötningspunktet, da maa Legemet falde, saasnart Tyngdepunktet ikke ligger aldeles lodret over Understötningspunktet, og falde til den Side, hvor Tyngdepunktet befinder sig. Men har Legemet erholdt en saa hastig omsvingende Bevægelse omkring Hvilepunktet, at Tyngdepunktet intet Öieblik bliver paa samme Side, saa forhales Faldet saalænge, indtil den omsvingende Bevægelse omsider formedelst Frictionen og Middelets Modstand, eller af anden Aarsag ophörer, da Legemet nu virkelig falder hen mod den Side, til hvilken Tyngdepunktet befinder sig.

Dette Phænomen viser sig fuldkommen tydeligt ved det under Navn af Spindekone bekjendte Legetöi.

TIENDE INSTRUMENT.

Fig. 6. AB (Pl. 15, Fig. 6) er en liden tynd og cirkelrund Skive, gjennem hvis Midtpunkt gaaer en Stift CD. Dreies dennes överste Ende C hurtigt om imellem Fingrene i Öieblikket förend den slippes, da erholder Redskabet derved den fornödne omsvingende Bevægelse, formedelst hvilken den en tidlang kan blive staaende paa Stiftens Ende D.

Det samme gjælder om Brumtoppen.

ELLEVTE INSTRUMENT.

Plade XV.

A (Pl. 15, Fig. 7) er en huul Trækugle, med et Hul paa Siden; til denne Kugle er forneden fastgjort en Trætap med Staaldup. DE er et Haandgreb, hvis anden Ende har en saa stor rund Aabning, at Tappen tilligemed en derom viklet Snor kan let dreie sig rundt deri. Paa Siden er atter indboret et mindre Hul ind til det Store, hvilket er bestemt til at lade den omviklede Snors ene Ende gaae ud deraf. Fig. 7.

Man vikler nu en Snor saaledes om Tappen, at den ene Ende af Snoren lægges langs med den, og den övrige Deel af Snoren vikles ovenpaa Enden fra neden af, indtil Kuglens Sammenföining med Tappen. Snorens frie Ende trækkes igjennem det lille Hul i Haandgrebet, og i det store sættes Tappen.

Medens man holder med den ene Haand ved Haandgrebet, trækker man stærkt i Snoren, som ved sin Afvikling giver Toppen en betydelig hurtig Omsvingning, og tillige hæver den ud af det store Hul. Denne omdreiende Bevægelse vedligeholder Toppen en tidlang, efter at den ved dens Udhævning af Haandgrebet er kommet til at staae paa den spidse Ende, og da Tyngdepunktets Faldlinie herved hvert Öieblik forandres, saa vedbliver Brumtoppen en tidlang at dreie sig rundt paa Spidsen C, under en lydelig Susen, der frembringes ved den under Kuglens Bevægelse ind og ud trængende Luft.

Ligger derimod Tyngdepunktet under Hvilepunktet, da er Legemet sikkret for Fald. Dette sees ved *den kunstige Liniedandser*.

TOLVTE INSTRUMENT.

A (Pl. 15, Fig. 8) er en lille Menneskefigur, i hvis Födder er fastgjort en Metalspidse, og igjennem hvis Hænder er stukket en böiet Metaltraad, paa hvis Ender hænge to Blykugler B og E. F er en Stötte, der er saa höi, at Blykuglerne ikke röre Bordet, naar Figuren sættes paa dens överste Flade. Fig. 8.

Man sætter Dukken A ovenpaa Stötten F, og da Tyngdepunktet formedelst Blyvægtene er kommet til at ligge under Hvilepunktet, saa kan Figurens Hoved ikke komme til at beskrive en Bue nedad, uden at tillige Tyngdepunktet maatte beskrive en Bue opad imod sin naturlige Retning. Dukken vil da ikke alene kunne holde sig i Ligevægt, men ogsaa gjenindtage sin forrige Stilling, saasnart den bringes til at helde, endogsaa temmelig betydeligt.

Det samme er Grunden til den Fasthed, hvormed den spidse Naal BD (Pl. 15, Fig. 9) staaer paa Træstötten DE. Fig. 9.

Naalen er foroven fastgjort til et Træstykke AB, fra hvilket udgaae tre Metaltraade, som bære Blyklumperne F, G og H, formedelst hvilke Legemets Tyngdepunkt er bragt nedenunder Hvilepunktet D.

Sættes en liden flad Metaltraad (saaledes som det ogsaa sees Pl. 15, Fig. 9) ind i et Træstykke, hvortil tillige fæstes tvende Staaltraade med Blyklumper, da kan en saadan Metaltraad endog lægges paa en fiin Spidse uden at glide ned, ligeledes af den Grund, at Tyngdepunktet ligger under Hvilepunktet.

§ 20.

Instrumenter, som tjene til at vise Vægtstangens Egenskaber.

Plade XV. Enhver uböielig Linie, der er saaledes understöttet i et Punkt, at den kan bevæge sig om dette, og paa hvilken to modsatte Kræfter virke, tillægges Navnet af Vægtstang. Tænker man sig en saadan Linie uden Tyngde, da förer den Navn af en *mathematisk Vægtstang*, for at adskille den fra den *physiske Vægtstang*, som altid har Tyngde. Det Punkt, i hvilket Vægtstangen er understöttet kaldes *Hvilepunkt*, eller fordi Vægtstangen kan bevæge sig derom, ogsaa *Bevægelsespunkt*. Det, som understötter dette Punkt, kaldes *Underlag*.

Af de tvende hinanden modsat virkende Kræfter benævnes den ene *Lasten*, den anden *Kraften*. Med Hensyn til disses forskjellige Stilling mod Hvilepunktet inddeles Vægtstangen i:

1. *Vægtstangen af förste Slags*, ved hvilken Hvilepunktet er imellem Lasten og Kraften;
2. *Vægtstangen af andet Slags*, ved hvilken Lasten er imellem Hvilepunktet og Kraften; og
3. *Vægtstangen af tredie Slags*, ved hvilken Kraften er imellem Hvilepunktet og Lasten.

Vægtstangen af förste Slags kaldes ogsaa *toarmet Vægtstang*, og kan være enten ligearmet eller uligearmet; Vægtstængerne af andet og tredie Slags kaldes *eenarmede*.

Ligevægtens almindelige Lov er denne:

Lasten og Kraften ere ved en Vægtstang i Ligevægt, eller ophæve hinanden, naar de statiske Momenter ere ligestore; det er, naar Productet af Lastens Masse multipliceret med dens Afstand fra Hvilepunktet er lig Productet af Kraftens Masse multipliceret med dens Afstand fra Hvilepunktet, eller, hvad der er det samme, naar Lastens Masse forholder sig til Kraftens Masse, som Kraftens Afstand fra Hvilepunktet forholder sig til Lastens Afstand fra samme Punkt, hvorved bliver at erindre, at disse Afstande stedse bestemmes ved de lodrette Linier, som drages fra Hvilepunktet til de virkende Kræfters Retningslinie.

Rigtigheden af denne Lov vises ved Forsög med de följende Instrumenter.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Fig. 10. **AB** (Pl. 15, Fig. 10) er et Messingstativ, hvis överste Ende deler sig i en Gaffel, der paa Enden har to verticale, ligedybe Indsnit. **CD** er en firkantet Staalstang, der overalt har samme Tykkelse, og fra hvis Midte udgaae tvende Tappe, hvis nederste skarpe Kanter hvile aldeles frit og löst i de to omtalte Indsnit ved **A**. Staalstangen er fra Midten af inddeelt i et Antal ligestore Dele.

Da Stangen **CD** er understöttet i sit Midtpunkt, og Vægtene anbringes paa begge Sider af dette, saa er **CD** at ansee som en Vægtstang af förste Slags. Da desuden alle dens Dele have samme Tykkelse, saa ophæver den ene Arms Vægt netop den andens, og altsaa kan den i sig selv physiske Vægtstang ansees som en mathematisk. Hænges nu i lige Afstande fra Hvilepunktet tvende ligestore Vægte, da ere de statiske Momenter ligestore, og Ligevægt finder Sted.

Hænges derimod en Vægt **E** i en Afstand fra Hvilepunktet, der er f. Ex. 3 Gange saa stor, som Afstanden af Vægten **F**, da maa dennes Masse være 3 Gange saa stor som Vægten **E**, for at de statiske Momenter kunne være ligestore, og Ligevægten vedligeholdes.

ANDET INSTRUMENT.

Plade XV.

AB (Pl. 15, Fig. 11) er et Bret, paa hvilket ere opreiste tvende verticale Messingstandere CD og EF, gjennem hvis överste klöftede Dele ved D og ved F gaae tvende Stifter, der tjene som Axer for de ligestore Messinghjul G og H, der ere forsynede i Randen med Furer til at holde Snorene, der lægges over dem. IK er en paa alle Sider lige tyk Metalstang, som ved tre Indsnit er deelt i fire ligestore Dele, og som hænger i to Silkesnore, der gaae over Hjulene G og H, paa hvis Ender ere anbragte to ligestore Vægte W og W, der tilsammen veie netop ligesaameget som Metalstangen IK, hvis Vægt de altsaa ophæve, og som desaarsag kan betragtes som en mathematisk Vægtstang. Fig. 11.

Er först Vægtstangen IK formedelst Vægtene W og W bragt i Ligevægt, og hænges derpaa en Last L paa Midten, samt paa hver Snorende tvende Vægte V og V, af hvilke enhver veier Fjerdedelen af Vægten L, da holde de fire Vægte V, V, V og V Ligevægt mod L, og Vægtstangen forbliver i Hvile. Den kan nemlig her betragtes som en Vægtstang af anden Art, paa hvilken enten I eller K ansees som Hvilepunkt, L som Lasten, og de tvende Vægte V og V, der virke paa en af Enderne, som Kraften.

Betragtes f. Ex. I som Hvilepunktet, da er Lastens Vægt i Sammenligning ved $V = 4$ og dens Afstand fra Hvilepunktet $= 2$, altsaa det statiske Moment $= 4 \times 2 = 8$. Derimod er Kraften, eller de tvende Vægte V og V, der ere ophængte under W ved Enden af Snoren, som gaaer over G, $= 2$, og Afstanden fra Hvilepunktet $I = 4$; altsaa det statiske Moment $= 2 \times 4 = 8$.

Da saaledes de statiske Momenter ere ligestore, saa maa Ligevægt finde Sted.

Flytter man derimod Lasten en Afdeling nærmere mod K, saaledes som Pl. 16, Fig. 1 viser, da maa til Ligevægtens Vedligeholdelse den ene Vægt V borttages fra Snoren, der gaaer over H, og hænges under de övrige Vægte paa Snoren, der gaaer over Tridsen G; thi ansees endnu som för I for Hvilepunktet, da er Lasten $L = 4$, dens Afstand fra Hvilepunktet $= 3$, altsaa det statiske Moment $= 4 \times 3 = 12$. Derimod er Kraften, eller de tre Vægte V, V og V paa Snoren over $G = 3$, og Afstanden fra Hvilepunktet $= 4$; altsaa det statiske Moment $= 3 \times 4 = 12$, og man har da den til Ligevægtens Vedligeholdelse nödvendige Lighed af de statiske Momenter. Plade XV. Fig. 1.

Lader man Lastens Stilling og Vægtenes Fordeling blive uforandret, men anseer K som Hvilepunkt, da er som för Lasten $L = 4$, men Afstanden fra Hvilepunktet $= 1$, altsaa det statiske Moment $4 \times 1 = 4$. Derimod er Kraften, eller den ene Vægt V paa Enden af Snoren over $H = 1$ og dens Afstand fra Hvilepunktet $= 4$, altsaa det statiske Moment $= 1 \times 4 = 4$. De statiske Momenter ere följelig ogsaa her ligestore, og Ligevægt maa finde Sted.

Da man iövrigt ved dette Instrument ligesaavel kan betragte L som Kraften og V som Lasten, saa sees, at de anförte Forsög ogsaa kunne tjene til at bevise Rigtigheden af Ligevægtsloven for Vægtstangen af tredie Slags.

Endeligen kan man ogsaa ansee det Punkt i Vægtstangen, hvor L er ophængt, som Hvilepunkt, og de Vægte, der hænge paa Snoren over G som den modsatte Kraft af de Vægte, der hænge paa Snoren over H, og da bliver (Pl. 15, Fig. 11) baade Kræfterne og deres Afstande fra Hvilepunktet ligestore, og följelig og de statiske Momenter ligestore.

Det samme finder og Sted, naar de virkende Kræfter ere ulige, men i det rigtige Forhold til Afstandene fra Hvilepunktet.

Plade XVI. Saaledes naar (Pl. 16, Fig. 1) den Kraft, som er ophængt over G = 3 og dens Afstand fra Hvilepunktet = 1, altsaa det statiske Moment = 3 × 1 = 3, men Kraften som virker over H er 1; dens Afstand fra Hvilepunktet = 3, altsaa det statiske Moment = 1 × 3 = 3, da ere de statiske Momenter ogsaa i dette Tilfælde lige; og saaledes sees ved Forsög med dette Instrument Gyldigheden af Ligevægtsloven for en Vægtstang af hvilkensomhelst Slags.

Hvorledes nu de ved dette Instrument anförte Forsög kunne anvendes til at bestemme Forholdet imellem de Afstande i hvilke tvende ulige Kræfter kunne virke ligemeget til at bære en Last, er af sig selv indlysende.

En anden Sætning, som lader sig bevise ved Hjælp af dette Instrument er denne:

Det Tryk som Underlaget lider er ved en Vægtstang af förste Art saa stort som Summen af Kraftens og Lastens Masse, og ved en Vægtstang af anden og tredie Art saa stort som Forskjellen mellem Lastens og Kraftens Masser.

For det sidste Tilfælde behöves intet nyt Forsög eller Anvendelse af Instrumentet. Antages nemlig ved Forsöget (Pl. 15, Fig. 11) enten I eller K som Hvilepunkt, og altsaa Snoren som Underlag, L som Lastens Masse = 4 og enten Vægtene i Snoren over Tridsen G eller H som Kraftens Masse = 2, saa er Trykket paa Underlaget = 4 — 2 = 2; men en Vægt = 2 findes ogsaa nödvendig for at modstaae Trykket.

Fig. 1. Ansees ved Forsöget (Pl. 16, Fig. 1) atter L som Lasten, Enden af Snoren over H som Underlag, og Vægtene V, V, V paa Snoren over G som Kraften = 3, saa er Trykket mod Underlaget = 4 — 3 = 1, og en Vægt = 1 findes ogsaa at være tilstrækkelig til at modstaae det.

Ansees omvendt K som Hvilepunkt, og altsaa Snoren over G som Underlag, og Vægten paa Snoren over H som Kraften = 1, saa bliver i dette Tilfælde Trykket mod Underlaget = 4 — 1 = 3, hvilket ogsaa bekræftes af Erfaring.

For at vise hvor stort Trykket mod Underlaget er ved en Vægtstang af förste Art, eller ved en toarmet Vægtstang, indretter man Forsöget paa följende Maade:

Fig. 2. Over Vægtstangen IK (Fig. 2) lægger man en anden toarmet Vægtstang NO, og hænger under W paa hver Side en Vægt W′, der er stor nok for at kunne holde Ligevægt med Stangen NO, hvis Tyngde altsaa hæves.

Bringer man nu denne Vægtstang paa forskjellige Maader, ved forskjellig Vægtfordeling, i Ligevægt, saa vil man alletider finde, at man, for at Vægtstangen IK skal forblive i Ligevægt, maa paahænge saa stor en Vægt V under W′, som begge de paa Vægtstangen NO anbragte Vægtstörrelser tilsammen udgjöre.

Dette sidste Forsög kan tillige tjene til at bevise, hvad der ogsaa umiddelbart följer af den ovenfor oplyste Sætning, at det ved en Vægtstang er ligegyldigt, enten en Masse virker umiddelbart paa den, eller middelbart formedelst en anden paa den hvilende Vægtstang, ligesom og at dens Længde og indbyrdes Vægtfordeling aldeles ikke har nogen Indflydelse paa Hovedvægtstangen; kun Summen af de virkende Vægte, og den Afstand fra Hovedvægtstangens Hvilepunkt, under hvilken den anden Vægtstang virker, bestemmer det statiske Moment; thi enten man i en nok saa kort Afstand fra Hvilepunktet anbringer to Vægte, der hver veie f. Ex. 8, eller i en Afstand = 1 fra Hvilepunktet en Vægt = 15, og i en Afstand = 15 en Vægt = 1, saa maa dog i begge Tilfælde Vægten 16 hænges paa Snorene for at Ligevægt skal opnaaes.

At de paa Vægtstangen virkende Kræfters Afstande fra Hvilepunktet maae bestemmes ved de

lodrette Linier, som fra dette Punkt drages til de Linier, efter hvis Retning Kraften virker, vises ved følgende Instrument. Plade XVI.

TREDIE INSTRUMENT.

AB (Pl. 16, Fig. 3) er en Messingfod, som bærer en verticaltstaaende fiirkantet Messingskive DEFG, fra hvis Midtpunkt C er beskrevet en Cirkel, hvis Peripherie rækker næsten til Skivens yderste Grændser. I denne Cirkel er draget en horizontal Diameter, som fra Centrum til hver af Siderne er inddeelt i 4 ligestore Dele, igjennem hvilke Delingspunkter der er draget lodrette Linier. Fig. 3.

Fra Centrum C udgaaer en Tap, paa hvilken tvende ligestore og lige vægtige Messingstykker CH og CK, hvis Længder svare til Cirkelens Radius, ere saaledes anbragte, at de formedelst en Skrue kunne skrues fast til hinanden under en vilkaarlig Vinkel.

Endskjöndt de altsaa begge paa eengang knnne dreie sig omkring Centrum C, saa kan dog ingenlunde Punktet H af den ene Messingradius beskrive en Bue omkring Centret, uden at jo i samme Tid Punktet K af den anden Messingradius beskriver en ligesaa stor Bue omkring Centrum. Hver af disse Radier ere ved tre gjennemstukne Huller inddeelt i fire ligestore Dele, saa at altsaa Messingradiens Huller, naar den stilles lige over den inddeelte Diameter, svare til Delingspunkterne paa denne. Endeligen ere langs med den fiirkantede Skives tre Sider DG, GF og FE, tæt ved Randen indskaarne tre Render, i hvilke paa vilkaarlige Steder kunne fæstes nogle smaae Skruer, af hvilke enhver bærer en verticalt staaende Tridse.

Da Tyngden ikke virker eens paa begge Vægtstangsarmene CH og CK i enhver Stilling, nemlig kun da, naar de begge danne samme Vinkel mod Horizontallinien, saa vil vel dette frembringe en Forskjel i Virkningen, som burde bringes med i Beregning; men da denne, naar de paahængte Vægte ere noget betydelige i Forhold til Messingradiernes Vægt, bliver temmelig liden, saa kan Hensynet herpaa i Forsögene uden mærkelig Feil forsömmes.

Stilles Armene CK og CH saaledes mod hinanden, at de udgjöre en ret Linie, da er KCH en retliniet Vægtstang. Bringes denne ligeover den paa Skiven dragne horizontale Diameter, da virke de frit nedhængende Vægte under rette Vinkler, og man maa altsaa, dersom Vægten L paa Armen CK anbringes i Endepunktet K, gjöre Vægten H, der anbringes paa CH enten ligesaastor, eller 1 eller 2 eller 4 Gange saa stor som L, for at Ligevægt skal opnaaes, alt eftersom M anbringes ved de Huller af CH, der svare til det fjerde, tredie, andet eller förste Inddelingsmærke paa Skivens horizontale Diameter.

Stilles derimod Messingradierne CH og CK saaledes mod hinanden, at de danne en Vinkel, da bliver KCH en brudt Vægtstang. Bringes nu ligesom för Armen CK over Skivens horizontale Radius, da virker den frit nedhængende Vægt lodret, og Kraftens Afstand bliver som sædvanligt at bestemme ved Længden af Armen CK; men stilles nu Armen CH saaledes, at Punktet H kommer til at ligge f. Ex. ligeoverfor det Punkt af Cirkelens Peripherie, der er lodret over det andet Inddeligspunkt paa Skivens Radius, da vil den paa CH anbragte frithængende Vægt ikke længer virke som en lodret Kraft, og man vilde desaarsag ikke opnaae Ligevægt, naar der i Punktet H anbragtes en frithængende Vægt af samme Störrelse som Vægten L, uagtet Vægtstangens Arme her ere ligelange; men da den lodrette Linie fra C til den gjennem det andet Inddelingspunkt dragne Perpendiculair, efter hvis Retning den fra H frit nedhængende Vægt virker, kun er halv

Plade XVI. saa stor, som den hele Arm CK, der er lig Afstanden af Kraften L fra Hvilepunktet, saa maa den ved H anbragte Vægt tages doppelt saa stor som Vægten L, dersom Ligevægt skal beholdes.

Vil man som för lade Vægten virke lodret paa Endepunktet K af Vægtstangens Arm CK, men derhos ved en uforandret Stilling af Armen CH anbringe Vægten M′ ved den anden Afdeling, da maatte Vægten M′ tages fire Gange saa stor som L, efterdi den lodrette Linie fra C til den Tyngdelinie, efter hvis Retning M′ i saa Fald virker, kun blev en Fjerdedeel af den anden Arm CK, der er den Kraften L tilhörende Afstand.

Vil man endeligen, naar Vægtstangens Arme ere stillede saaledes som Figuren viser, og den paa CH virkende Vægt er anbragt i Endepunktet H, bevirke Ligevægt uden at antage en anden Vægt M ved H, end Vægten L ved K, da kan dette uden Vanskelighed erholdes blot derved, at man fastskruer Tridsen N paa et saadant Sted, at Retningen HN, hvorefter Vægten M nu virker paa Armen CH, bliver en Tangent til Cirkelens Peripherie, eller, hvad der er det samme, virker lodret paa Vægtstangsarmen CH.

At iövrigt denne Regel ikke gjælder blot som ved det nysnævnte Instrument for Vægtstangen af förste Art, men ligesaavel maa tages i Betragtning ved Bestemmelsen af Kræfternes Virkning paa Vægtstangen af anden og tredie Art, bliver indlysende ved följende Instrument.

FJERDE INSTRUMENT.

Fig. 4. AB (Pl. 16, Fig. 4) er et Bret, paa hvis Midte er opreist en lodret Messingstötte CD, hvori efter Længden er indskaaret en Rende, i hvilken glider et Messingstykke R, som kan befæstes paa ethvert Sted i Renden, og som paa sin Tap bærer et horizontalt Tverstykke af Messing EF, der efter sin hele Længde er gjennemskaaret med en Rende, for at nogle Tridser P og Q deri kunne anbringes og efter Behag befæstes.

Imellem A og C er paa Foden fastskruet en mindre Messingstötte GH, paa hvis Endepunkt H en Vægtstang HK bevæger sig om en horizontal Axe. Denne Vægtstangs tvende Arme have et saadant Forhold imellem deres Masser, at de ere i fuldkommen Ligevægt.

Naar altsaa baade Lasten og Kraften anbringes paa Armen HK, da kan denne i sig selv physiske Vægtstang betragtes som en eenarmet mathematisk Vægtstang, hvis Hvilepunkt er i H.

Stilles HK horizontalt, og bringer man i Renden EF Tridsen P i en saadan Stilling, at dens yderste, eller den mod E nærmeste Deel er netop lodret over et af de Punkter, som adskille de paa HK afsatte ligestore Afdelinger, f. Ex. den femte, da vil en Vægt V, som i denne Afstand fra Hvilepunktet H virker over Tridsen P lodret paa Vægtstangen HK, holde Ligevægt mod en 5 Gange saa stor Vægt L, der hænger frit ned fra det förste Delingspunkt paa HK.

Lader man Vægtene L og V blive uforandrede, men förer Tverstykket EF saa höit op paa Stötten CD, at Tridsen P kommer til P″, uden dog derved at miste sin lodrette Stilling over det femte Inddelingspunkt, da vil Ligevægt mellem Kræfterne L og V blive uforandret, eftersom hverken Vægtene selv, eller de Linier, der bestemme deres Virkningers Afstande fra Hvilepunktet, have herved lidt nogen Forandring.

Lader man derimod EF beholde sit förste Sted, men flytter Tridsen P, over hvilken Kraften virker, hen til P′, da vil den samme Vægt V, der nu virker paa Vægtstangen under en skraa Retning, ikke længere have samme Virkning som för, da den virkede lodret; men Lasten L vil nu

nedtrykke Vægtstangen, saa at denne kommer til at modtage en skraa Stilling I'K', og Ligevægten er saaledes forstyrret. Plade XVI.

Tænkes iövrigt L som Kraften og V som Lasten, da indsees ogsaa Reglens Gyldighed for Vægtstangen af tredie Art.

Paa det samme Instrument er ogsaa anbragt en brudt Vægtstang, hvis Arme danne en ret Vinkel med hverandre. Paa Fodstykket AB er nemlig imellem B og C fastskruet en liden vertical Messingstander MT, paa hvis överste Ende M den uligearmede Vægtstang OMN, der er brudt under en ret Vinkel, kan bevæge sig om en horizontal Axe, som altsaa er dens Hvilepunkt. De tvende Arme MN og MO ere inddelte i ligestore Dele.

Hænges paa den korte Arm MN en Vægt L, der f. Ex. er 6 Gange saa nær ved Hvilepunktet, men ogsaa tillige 6 Gange saa stor som Vægten W, der formedelst Tridsen Q virker ligesaavel som L lodret paa Vægtstangen, da ville disse Vægte W og L, som Følge af den almindelige Ligevægtslov, ophæve hinandens Virkning. Flytter man derimod Tverstykket EF saa höit op, at Tridsen Q kommer til Q', da virker W ikke længere lodret paa OM, og Lasten L vil derfor tvinge Vægtstangen til at antage Stillingen O'MN'.

Følgende Instrument (Robervals Vægtstang) viser et Phænomen, der ved förste Öiekast synes at modsige den almindelige Ligevægtslov, men som ved nærmere Betragtning dog er aldeles overeensstemmende med samme.

FEMTE INSTRUMENT.

Paa Foden AC (Pl. 16, Fig. 5) er befæstet et gjennemskaaret verticalt Messingstykke BC, hvilket ved Punktet D er anbragt et paa alle Steder ligetykt Messingstykke EF, der er bevægeligt om hiint Punkt, og er at ansee som Instrumentets egentlige Vægtstang, hvis Arme ED og DF maae være fuldkommen lige i Længde og Vægt. Fig. 5.

Fra Punkterne E og F hænge tvende lige tunge Messingstykker EG og FH, hvis parallelle Stilling man sikkrer derved, at Punkterne G og H forbindes med et fjerde Messingstykke GH, der gaaer igjennem Renden i DC ved I, og er nöiagtigt af samme Længde, som det överste Stykke EF.

Saaledes bliver da EFGH et Parallellogram, hvis Sider iövrigt kunne modtage enhver Stilling, formedelst de Stifter, der ere anbragte i Punkterne D, E, F, G, H og I, om hvilke Messingstykkerne kunne aldeles frit bevæge sig.

Paa Stykkerne EG og FH ere ved K og L fæstede to ligelange, og fuldkommen ligetunge Messingtverstykker MN og OP, paa hvilke Vægtene V og W kunne ophænges.

Man hænge de to ligestore Vægte V og W paa de inderste Endestykker af Tverstykkerne, og man vil see, at Instrumentet er i fuldkommen Ligevægt. Det samme vil bemærkes, uagtet at Vægten W flyttes til W' paa den modsatte Ende af Tverstykket OP, eller til ethvert andet Punkt af samme.

Dette synes at stride aldeles imod Vægtstangens Theorie; men denne tilsyneladende Modsigelse falder bort, naar man kun betænker, at Vægten W, paa hvilket Punkt af Tverstykket OP den end hænger, dog stedse virker paa Punktet F af Instrumentets egentlige Vægtstang EF, ligesom paa den anden Side Vægten V altid virker paa Punktet E af samme Vægtstang, og at under alle Omstændigheder de virkende Kræfters sande Afstande blive, formedelst Parallellismen af Stykkerne EG og FH, ligestore.

De statiske Momenter ere da ifölge dette altid lige, og altsaa maa Ligevægt ogsaa finde Sted.

§ 21.

Instrumenter, som vise Vægtredskabernes Egenskaber.

Plade XVI. Den almindeligste Anvendelse af Vægtstangens Theorie sees ved de brugelige Vægtredskaber, eller saadanne Vægtstange af förste Art, som anvendes til at bestemme hvorofte en bekjendt Vægtstörrelse indeholdes i et givet Legeme.

Man vil let indsee, at dette lader sig gjöre paa to Maader, enten ved at lade Afstanden af Vægtmassen fra Hvilepunktet forblive uforandret, og derimod at bestemme det givne Legemes Vægt ved Vægtstörrelser, der anbringes paa Vægtstangens modsatte Ende; eller og ved at lade Vægtloddet blive uforandret og blot forandre Forholdet imellem dets og Legemets Afstande fra Hvilepunktet. Begge Dele anvendes i det daglige Liv; hiint ved den sædvanlige *Vægtskaal*; dette ved *Bismeren* eller den saakaldte *romerske Vægt*.

Ved Vægtskaalen kunne igjen Vægtstangens Arme enten være ligelange, hvilket sædvanligt er eller skulde være Tilfældet, eller uligelange, men i et vist bekjendt Forhold; den kaldes da en *formindsket Vægt*.

Bismeren kan efter sin Natur aldrig være ligearmet; dog virker den som ligearmet Vægtstang i det enkelte Tilfælde, naar under Veiningen Legemets og Loddets Vægt ere lige.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Vægtskaalen.

Fig. 6. MN (Pl. 16, Fig. 6) er en Vægtstang af hærdet Staal, der har en saadan Styrke, at den ikke mærkeligt böies af de störste Vægte, den er bestemt til at bære. Vægtstangen er paa Midten
Fig. 7. noget tykkere end imod Enderne, saaledes som Fig. 7 viser, for derved at modvirke den Overvægt, som Tungen ellers vilde give den Side af Vægtstangen, til hvilken den helder, naar hiin bringes ud af den horizontale Stilling.

I lige Afstand fra begge Enderne har den en Axe P, der skærer den under en ret Vinkel,
Fig. 8. og ved denne er Vægtstangen ophængt. Axen, som særskilt forestilles fra Siden i Fig. 8 og fra Enden i R Fig. 7, er forfærdiget af det haardeste Staal, og givet Form af en Kile, hvis Sider skære hinanden under en Vinkel af omtrent 20 Grader. Ved denne Form vil Gnidningsmodstanden mod Underlaget være saa godt som ingen, og Axen har endda Styrke nok til ikke at springe i dens skarpe Æg, hverken ved Trykket som den lider, eller ved dens Vugning paa Underlaget, hvilket let kunde være Tilfældet hvis Vinklen var spidsere.

Igjennem et paa Vægtstangens Midte udfilet fiirkantet Hul er Axen skudt ind igjennem denne,
Fig. 7. saaledes at dens skarpe Kant nöiagtig ligger i Ophængningslinien. Ved Plader som U (Fig. 7), der
Fig. 8. ere inddrevne i dens Falser X, X (Fig. 8), der række udenfor begge Vægtstangens Flader, og ved Skruen V (Fig. 7), der gaaer ind i Hullet W (Fig. 8), er den urokkelig fastgjort til Vægtstangen selv.

Paa Vægtstangens Ender M og N ere Skaalerne S og T ophængte ved lige tykke, lige lange og lige vægtige Metaltraade, der mindre end Snore af Silke eller Hamp ere udsatte for Indflydelse af Luftens Fugtighed.

Skaalerne, der bestaae af to lige vægtige Metalplader, uddrevne i Form af Kugelsegmenter, have forneden hver sin Krog, for derpaa at ophænge Legemer ved hydrostatiske Forsög. Plade XVI.

Da det, som ovenfor er viist, er af yderste Vigtighed, at Vægtene virke paa begge Sider under samme Vinkel, saa ere Skaalerne ophængte paa en Maade, som gjör det mueligt, at de kunne bevæge sig aldeles frit paa deres Underlag.

Til den Hensigt ende begge Vægtstangens Arme sig i en Art verticaltstaaende Cylindre, igjennem hvilke to meget spidst tilslebne Staaltappe c ere indskruede, saaledes som Fig. 9 viser. Paa Spidserne af disse, der nöiagtigen ligge i samme rette Linie som Axens skarpe Kant, ere Skaalerne ophængte ved Hjælp af en med Staaldup foroven forsynet Messinghætte e d f, hvortil Snorerne ere befæstede ved den paa Hætten fastskruede Böile e f g, der forneden har en Krog, som bærer Snorerne. Fig. 9.

Lodret over Axens skarpe Kant befinder sig Vægtstangens Tunge POQ (Fig. 6) og PO (Fig. 7). Paa denne Tunge, der foroven ender sig i en tilstrækkelig lang fiin Spidse OQ, kan en lille Metalkugle O skrues op og ned, hvorved Stedet af Tyngdepunktet i Vægtstangen, altsaa ogsaa dennes Bevægelighed kan forandres. Hvilepunktet ligger ved denne Vægtstang af Grunde, som siden nöiere skulle omtales ved Beskrivelsen af det fölgende Instrument, ganske lidet over Tyngdepunktet. Fig. 7.

Denne saaledes indrettede Vægtstang er ophængt i en Gaffel, der dannes af tvende foroven og forneden forbundne ligestore parallelle Messingstykker, der ere udskaarne i Form af Cirkelsectorer, hvis Centrum er Vægtstangens egentlige Understötningspunkt. Paa det forreste af disse Stykker FGH (Fig. 6) er Buen inddeelt i Grader, der have deres Nulpunkt lodret over Centrum. Mellem dette og det andet dermed ligedannede Stykke bevæger Vægtstangens Tunge sig.

I Centrum af disse Sectorer befinder sig det egentlige Underlag for Vægtstangen. Dette bestaaer af to meget haarde, blankt polerede, flade Staalplader, der ere indskudte horizontalt i Gaflen saaledes, at deres Overflader ligge i een og samme horizontale Flade.

Gaffelen med den deri hængende Vægtstang er atter ophængt paa et dertil indrettet Stativ ABDCE af fölgende Indretning.

AB (Fig. 6) er en tung rund Messingfod, der indvendig er udstöbt med Bly. Paa denne er i Centrum fastskruet en fiirkantet Messingstang BB. En anden lignende Messingstang omfatter denne med et Hylster, saaledes, at den kan skydes op og ned derpaa, og fastskrues paa ethvert Sted ved Skruen C. Denne Messingstang har foroven et fremspringende Knæ, der er forsynet med en Hage E, hvorpaa Vægtstangens Gaffel er ophængt ved et lille Öie, der findes paa dens överste Tverstykke. For at holde Gaffelen i vertical Stilling, og for tillige at give det Hele en bedre Stadighed i sin Stilling, er der paa den nederste Ende af Gaffelen anbragt en Krog, der bærer et temmelig tungt Lod H. En saadan Ophængning har ved Vægtredskaber, der skulle flyttes, i visse Maader Fortrin for den i nyere Tider sædvanligere Indretning, at lade Vægtstangen bæres umiddelbart af den verticale Stötte selv, da disse stedse for at bruges maa rettes efter Vaterpasset, for at Gradebuens Nulpunkt kan ligge lodret over Underlaget, hvorimod ved den her beskrevne Indretning Instrumentet stiller sig saa at sige selv, og savner alligevel, naar Loddet H er tilstrækkelig tungt, ingenlunde Fasthed.

Endelig kunne ogsaa de to til Enden gaffelformig dannede Arme KI og KL, der med et Hylster omfatte Stangen BB, skydes op og ned ad denne, og ved Skruen D fastskrues hvor man önsker det. De ere deels bestemte til at bære Vægtstangen, naar Instrumentet ikke benyttes, og saaledes forhindre Axen fra at slöves ved idelig Gnidning mod Underlaget, deels til at forhindre, at Vægt-

Plade XVI.

stangen ikke aldeles skulde forlade sit Underlag ved en altfor stor Overvægt, der af Uforsigtighed kunde lægges paa en af Skaalerne; og endelig tjene disse Arme, som siden skal sees, til ved Doppeltveining at forhindre Axen fra at forandre sit Leie paa Underlaget, naar man borttager Legemet, der skal veies, og lægger Vægte istedet.

Det kunde synes, som om Brugen af Vægtskaalen, der i det daglige Liv utallige Gange anvendes, var altfor bekjendt, til i et physisk Værk at fortjene videre Omtale; men da Vægtskaalen deels er et af Physikkens vigtigste Hjælpemidler, paa hvis rette Brug det heldige Udfald af saamangt et Forsög beroer, deels udfordrer mange Forsigtighedsregler, naar den Nöiagtighed, som er nödvendig i physiske Undersögelser, skal opnaaes, saa er det neppe upassende at omtale Brugen af dette saa vigtige Redskab, og at vise hvorledes saavel dets Rigtighed pröves, som hvorledes Feil undgaaes baade med et nöiagtigt og med et i visse Henseender ikke feilfrit Instrument, samt endelig at fremstille de Fordringer, som en Vægtskaal maa fyldestgjöre for at svare til sin Hensigt.

Af Tyngdepunktets Theorie indsees let, at en fuldkommen ligearmet Vægtstang, der har sit Tyngdepunkt noget under sit Hvilepunkt, er i Ligevægt, naar den staaer horizontalt, og naar de statiske Momenter ere ligestore paa begge Sider. Lægger man paa en saadan Vægtstangs ene Skaal et givet Legeme, og siden efterhaanden bekjendte Vægtstörrelser paa den anden, saa vil den, saasnart Masserne paa begge Sider ere ligestore, efter en Række af Oscillationer gjenindtage sin horizontale Stilling. Man havde da ved en saadan Vægtstang kun nödig at paalægge Vægte paa den modsatte Ende, indtil Vægtstangen laae horizontalt, eller da det ved letbevægelige Vægte vil vare temmelig længe inden den kommer aldeles i Hvile, paalægge Vægte saalænge, indtil Tungen gjorde ligestore Udslag til begge Sider, og det givne Legemes Vægt vilde da være lig de paalagte bekjendte Vægtstörrelser. Men da en til mathematisk Nöiagtighed grændsende Vægtstang snarere kan ansees for et Ideal, end for en virkelig tilværende Gjenstand, saa maa man bestræbe sig for, selv ved mindre nöiagtige Redskaber at finde et rigtigt Resultat, og hertil har man flere Maader.

Er det kun Forholdet mellem flere Legemers Vægt, man önsker at vide, og ikke deres absolute Vægt, f. Ex. ved en Analyse Forholdet imellem et Legemes Bestanddele, saa har man kun nödig bestandig at lægge Legemet paa den ene Side og Vægten paa den anden. Ere endog Vægtstangens Arme ulige lange, saa vil den fundne Vægt dog alletider i et bestemt Forhold blive for stor eller for lille, og altsaa Hovedforholdet uforandret.

Önsker man derimod at finde et Legemes virkelige Vægt, saa lader dette sig gjöre paa följende Maade:

Man lægge först det Legeme, der skal veies, paa den ene Skaal, og betynge den anden med andre Legemer, ligegyldigt hvilke, saalænge indtil Ligevægt er opnaaet. Dernæst tager man Legemet af, og lægger nu saa længe Vægtlodder paa, indtil Ligevægten atter er opnaaet. Da disse Lodder paa samme Sted have virket det samme, som Legemet selv, saa indsees let, at Nöiagtigheden maa være saa fuldkommen, som om Veiningen havde været foretaget med en Vægtskaal, hvis Arme vare mathematisk lige.

Vil man anvende denne af *Borda* först anbefalede Methode, der udmærker sig saavel ved Simpelhed som Nöiagtighed, da maa man lægge Mærke til, at alle Vægtskaalens Dele nöiagtig ligge eens under begge Veiningerne; thi i modsat Tilfælde kunde enten Ophængningspunkterne noget forandres ved Legemets Aftagning, eller Axen flytte sig noget paa sit Underlag.

Da Störrelsen af de Masser, der udfordres til at holde Ligevægt, beroer paa den Afstand fra

Hvilepunktet, hvorunder de virke, saa indseer man, at selv betydelige Feil kunne begaaes ved denne Methode, hvis Ophængningpunkterne, ved en forandret Stilling af Instrumentets Dele blive forskjellige i den förste og anden Veining. Denne Feil undgaaes aldeles ved at lade Vægtskaalerne være ophængte paa den Maade, som ved det her bekrevne Instrument, hvor Skaalernes Ophængningspunkter ere meget fine Spidser. Plade XVI.

Forandres Axens Sted paa Underlaget, saa indseer man, at saavel Tungens Stilling mod Gradebuen maa forandres, som ogsaa at Frictionen mod Underlaget kunde forandres, og at der altsaa, skjöndt under ellers lige Omstændigheder, den ene Gang kunde behöves en forskjellig Vægtstörrelse for at overvinde Frictionen, end den anden Gang. Dette undgaaes, naar man, efterat Vægtskaalen er bragt förste Gang i Ligevægt, lempelig skyder Armene IKL op under Stangen, saaledes, at de netop beröre samme. Efter at have aftaget Legemet, og lagt omtrent saa megen Vægt paa, som man kan formode, at Legemet veier, trækker man ganske sagte Armene igjen saalangt ned, at Vægtstangens Tunge kan gjöre et mærkeligt Udslag, dog ikke dybere ned, end det er nödvendigt for at ikke Stangen, hvis den paalagte Vægt enten var meget for stor eller for liden, skulde, ved at synke for dybt, forande sit Leie. Fig. 6.

Endelig vogte man sig ved Vægtenes Aftagning og Paalægning vel for ikke at sætte Stangen i for voldsom Bevægelse, og lægge desaarsag Vægtene paa eller tage dem af med en fiin Tang. Skjöndt saaledes alle Feil fra Instrumentets Side ere undgaaede, saa kunne dog endnu saare mange andre Omstændigheder forvirre Resultatet, hvis man ikke kjendte dem og vogtede sig for dem. Saadanne ere:

1. *Rystelser uden fra.* Disses Indflydelse kan naturligviis ikkun hæves ved at sætte Instrumentet paa saa fast et Sted, som det kan skee, og saavidt muligt at fjerne al Bevægelse i Nærheden af Instrumentet.
2. *Luftströmninger*, der meget let kunne foranlediges ved Temperaturforskjelligheder. Man har til den Ende Vægtskaalen indesluttet i et Glasskab, og lader kun saameget Rum aabent, som er nödvendigt for at kunne afbenytte Instrumentet, og selv disse Aabninger tillukker man, naar man vil iagttage Ligevægten. Man veie derfor aldrig noget Legeme, som har en Temperatur, der er betydeligt forskjellig fra den omgivende Atmosphæres, hvilket upaatvivlelig vil foraarsage Luftströmninger, hvorved Legemet, hvis det var varmere, vilde formedelst den opadgaaende Luftström synes lettere, og hvis det var koldere, formedelst den nedadgaaende Luftström synes tungere end det virkelig var. Ligesaalidet bruge man Vægtskaalen nylig efter at den er kommen ind i en anden Temperatur, ei heller lade man den staae i Solen medens man bruger den, hvilket vilde foraarsage Lufstströmninger formedelst den ulige Opvarmning.
3. *Luftens Fugtighed*, hvorved Legemer, der bringes fra et varmere til et koldere Medium ville beslaae sig med Dampe, og derved tiltage i Vægt, og saadanne Substantser, der have stærk Tiltrækning til Vandet, ville indsuge dette medens de veies. Hiint undgaaer man derved, at man först veier Legemerne efterat de have antaget den omgivende Atmosphæres Temperatur, dette ved at veie saadanne Legemer i bedækte Kar, hvis Vægt forud er bekjendt.
4. *Luftens ulige Tæthed.* Da det egentlig ikke er Legemernes fuldkommen absolute Vægt, man finder ved deres Veining i Luften, og det er bekjendt af Hydrostatikken, at ethvert Legeme, ved at veies i et Fluidum, det være draabeflydende eller luftformigt, taber saa meget i sin absolute Vægt, som et lige Volumen af det omgivende Fluidum veier, saa seer man, at Luftens for-

Plade XVI.

skjellige Tæthed ogsaa kan have Indflydelse paa Vægten; især er dette Tilfældet ved Veiningen af Legemer, der have en meget ringe Vægtfylde, som ved Luftveininger. At undgaae de Foranderligheder, som herved kunne afstedkommes, er saare vanskeligt, da det saa sjeldent lader sig gjöre at anstille Veininger i lufttomt Rum. Man maa desaarsag anmærke Barometer-, Thermometer- og Hygrometerstanden, eller og blot Manometerstanden ved Forsöget, og siden reducere Vægtene til det, de vilde være ved en vis antagen Middelstand. Reglerne for denne Beregning vilde det her være for vidtlöftigt at udvikle.

5. *Legemernes Udvidelse ved Varmen* kan ogsaa forandre Resultaterne noget. Især er dette Tilfældet ved Veiningen af Luftarter, hvor Glaskuglens Udvidelse ved Varmen gjör, at den med samme Vægt indtager större Rum, altsaa bæres mere af Luften, og synes lettere, end den virkelig er. For at faae et nöiagtigt Resultat maa man derfor anmærke Temperaturen, og ved Beregninger over Udvidelsen eller Sammentrækningen reducere Vægten til det, den vilde være ved en antagen Middeltemperatur.

Endelig kan:

6. en Staalvægtstangs Magnetisme ogsaa foranledige nogen Usikkerhed; men denne Feil er især ved Doppeltveining meget ubetydelig, da Styrken af dens Magnetisme ikke kan forandre sig mærkeligen under Veiningen selv. At bringe denne Indflydelse med i Beregning vilde næsten være umueligt.

Det kunde synes, at disse her anförte Forsigtighedsregler vare smaalige og intetsigende, men naar det gjælder om den höieste Grad af Nöiagtighed, ere de aldeles nödvendige at iagttage.

Efter saaledes at have omtalt de Forsigtighedsregler, som bör iagttages ved Brugen af en Vægtskaal, vil det ikke være upassende kortelig at omtale de vigtigste Fuldkommenheder og Feil ved en Vægtskaal.

Den förste Hovedfordring til en god Vægtskaal maa da blive, at den er letbevægelig nok til at give et kjendeligt Udslag for smaae Vægtforskjelligheder. Mangel herpaa kan deels hidröre fra Axens mindre passende Form, og kan da ikkun rettes ved at gjöre den mere hensigtsmæssig, deels og derfra, at Tyngdepunktet eller Ophængninglinien ligger for dybt under Hvilepunktet; thi som bekjendt behöves en desto större Overvægt for at bringe Vægstangen ud af dens horizontale Stilling, jo dybere dens Tyngdepunkt eller Ophængningslinie ligger under Hvilepunktet. Vægtstangens Tyngdepunkt lader sig forandre ved at skrue den paa Tungen anbragte Metalkugle höiere op og Ophængningslinien lader sig ved den her beskrevne Vægtskaal forandre formedelst Skruen c (Fig. 9).

Fig. 9.

Ikke mindre vigtigt er det, at Skaalernes Ophængning saa meget muligt stedse bliver den samme, saaledes som ovenfor er viist. Feil herved lade sig sjelden rette uden ved Forandring af Instrumentet.

Det behöver naturligviis ikke at omtales, at Vægtstangen maa have den fornödne Styrke for ikke at böies af de paalagte Vægte, hvorved da hele Formen aldeles vilde forandres saaledes, at Ophængningslinien kom til at ligge dybere hver Gang Instrumentet brugtes.

Ligesaalidet behöver det at anmærkes, at Vægtstangen ingenlunde maa have sit Tyngdepunkt over eller i sit Hvilepunkt, hvilket vilde gjöre Redskabet aldeles ubrugeligt, da det i förste Tilfælde saa godt som aldrig vilde kunne bringes i Ligevægt, idet den mindste Overvægt vilde aldeles trykke

den ene Ende af Stangen ned, uden at den stræbte tilbage til den horizontale Stilling, ei engang naar Ligevægt var opnaaet, og det i andet Tilfælde vilde holde Ligevægt i enhver Stilling. Plade XVI.

Man har forhen gjort det til en Hovedfordring ved en Vægtskaal, at dens Arme skulde være ligelange; men efter at man i den senere Tid meget ofte bruger Doppeltveining, kan dette ansees for mindre vigtigt, og en Vægtskaal være lige brugelig, naar den fyldestgjör de övrige Fordringer, om den endog var noget uligearmet, hvilket dog for Beqvemmeligheds Skyld saavidt muligt bör undgaaes.

Til at vise, at Hvilepunktet af en Vægtstang bör ligge lidet over Tyngdepunktet, tjener följende Instrument.

ANDET INSTRUMENT.

AB (Pl. 16, Fig. 10) er en Vægtstang, hvis Hvilepunkt er C, og hvis Tyngdepunkt falder i den mellemste tykke Deel a. Vender denne Vægtstang saaledes, at den ligger som i A′B′ med Tyngdepunktet a′ over Hvilepunktet, da er den næsten umuelig at bringe i Ligevægt i horizontal Stilling. Vender derimod Vægtstangen, som i AB, med Tyngdepunktet a neden under Hvilepunktet, da vil hiint altid stræbe at være lodret under dette, og altsaa holde Vægtstangen i en horizontal Stilling saalænge, indtil Vægte af ulige Störrelse, anbragte paa Armene, heri gjöre Forandring; hvorved dog endnu maa bemærkes, at hvis Tyngdepunktet laae altfor dybt under Hvilepunktet, da vil Vægtstangen ikke være letbevægelig nok. Fig. 10.

Nödvendigheden af at Skaalerne bör hænge frit, indsees ved följende Instrument.

TREDIE INSTRUMENT.

AB (Pl. 17, Fig. 1) er en om Axen C letbevægelig ligearmet Vægtstang, fra hvis ene Ende B frit nedhænger en Skaal med en Vægt V, og til hvis anden Ende A kan befæstes en Vægtmasse M, ved at indskydes i en False enten ovenover som i M′ eller neden under samme som i M. Plade XVII. Fig. 1.

Fæstes Massen M under Vægtstangen, og Vægten V tages af den Störrelse, at Vægtstangen svæver i en horizontal Stilling, da vil Ligevægten ophæves, naar man nedtrykker en af Vægtstangsarmene BC eller CA, da i förste Tilfælde den faste Vægt sees at vinde, i sidste Tilfælde at tabe Overvægten.

Er derimod M befæstet oven over Vægtstangen, som i M′, og denne er bragt i Ligevægt i en horizontal Stilling, da sees den faste Vægt M′ at vinde Overvægten, naar CA nedtrykkes, men tabe den, naar CB nedtrykkes. Aarsagen til dette Phænomen ligger deri, at Tyngdepunktet i den frithængende Vægt altid staaer lodret under det samme Punkt af Vægtstangsarmen, nemlig det, i hvilket Skaalen er ophængt; men i den faste Vægt ligger Tyngdepunktet, ved forskjellige Heldninger af Vægtstangsarmen, lodret under forskjellige Punkter af denne, saa at det statiske Moment paa Vægtstangsarmen AC idelig forandres, imedens det for Armen BC altid bliver det samme.

FJERDE INSTRUMENT.

Bismeren.

Bismeren er, som forhen bemærket, at ansee som en uligearmet Vægtstang af förste Slags. AB (Pl. 17, Fig. 2) er en saadan Vægtstang, hvis Hvilepunkt er C, i hvilket Bismeren bæres, Fig. 2.

Plade XVII. formedelst Böilen D. Ved den korte Arm ophænges det Legeme, hvis Vægt skal bestemmes, i Krogen E, og paa den lange Arm, der er inddeelt i ligestore Dele, skydes Loddet F saalænge frem eller tilbage, indtil de statiske Momenters Ligestorhed frembringer Ligevægt.

Dette Instrument anvendes som bekjendt ligesom den almindelige Vægtskaal til at bestemme hvormeget et givet Legeme veier, hvilket afhænger af Afstanden af Loddet F fra Hvilepunktet, der nödvendigen maa staae i et ligefremt Forhold til Legemets Vægt, da Vægten af Loddet F og Legemets Afstand fra Hvilepunktet bliver uforandret.

Bismeren har den Fordeel i Anvendelsen, at Vægten af store Masser bestemmes ved en ulige mindre, og at dens Bevægelighed, som Følge deraf, mindre taber sig; thi jo större Vægten, der hænges paa en Vægtstang, er, desto betydeligere bliver Frictionen paa Axen, og desto mindre Bevægelighed yttrer Instrumentet. Men under iövrigt lige Omstændigheder er Axen af en Bismer mindre betynget, end Axen af en almindelig Vægtskaal, da hiin ikkun bærer Summen af det Legemes Vægt, der skal veies, og Vægten af Loddet F, hvilken i Almindelighed er mindre end Legemets Vægt; denne derimod bærer den doppelte Vægt af det Legeme, der skal veies.

FEMTE INSTRUMENT.

Fig. 3. En anden Art af Bismer (den saakaldte chinesiske Bismer) forestilles Pl. 17, Fig. 3. AB er en Vægtstang, i Almindelighed af haardt og fast Træ, der ved B ender sig i en tykkere Deel, der træder istedet for Vægtlod, og som, for at give den större Vægtfylde, kan være mere eller mindre udstöbt med Bly. C er en Krog, hvori det Legeme hænges, der skal veies. D er en lille Pind, der under Brugen af Instrumentet holdes i Haanden, og ved hvis Ender er fastgjort en Snor, der tjener til Underlag for Vægtstangen.

Ligevægten paa dette Instrument tilveiebringes derved, at Understötningspunktet rykkes frem eller tilbage, indtil Vægtene og de respective Afstande fra Understötningspunktet af Legemet og Redskabets Tyngdepunkt staae i omvendt Forhold til hinanden. Inddelingerne paa Vægtstangen kunne altsaa ikke være ligestore; thi kalder man Vægten af hele Redskabet = a, og Afstanden imellem dets Tyngdepunkt og Krogen C = b, saa finder man, naar Legemets Vægt successive gjöres = a, 2a, 3a, o. s. v., at Understötningspunktets Afstand fra Krogen C vil blive $\frac{1}{2}$ b, $\frac{1}{3}$ b, $\frac{1}{4}$ b o. s. v., eller naar Legemets Vægt bliver = a, $\frac{1}{2}$ a, $\frac{1}{3}$ a, $\frac{1}{4}$ a o. s. v., bliver Afstanden fra C = $\frac{1}{2}$ b, $\frac{2}{3}$ b, $\frac{3}{4}$ b, $\frac{4}{5}$ b o. s. v. Fordelene ved dette Instrument bestaae deri, at man kan veie fra meget smaae til meget store Vægte derpaa, naar disse kun ikke overskride Vægtstangens Styrke, og at det er saa lidet bekosteligt. Dog tilsteder det ingen stor Nöiagtighed, især naar Vægtene blive meget store eller meget smaae, da Inddelingerne i ovennævnte Forhold blive kortere, eftersom Legemets Vægt bliver större eller mindre end det halve af Redskabets Vægt.

SJETTE INSTRUMENT.

Fig. 4. En særdeles Art af Vægtredskab forestilles Pl. 17, Fig. 4. AB er en Stang, hvis nederste Ende B er befæstet til en Plade CD, som tilligemed Staalstangen kan uden mærkelig Gnidningsmodstand bevæge sig op og ned i Futteralet EFHG, der omgiver Stangen. Om denne Stang er viklet en elastisk Staalfjeder, hvilken, idet Stangen AB trækkes oven ud af Futteralet, finder mere eller mindre Modstand af Futteralets överste Endestykke EF, hvorimod dens ene Ende stötter sig. For nu at inddele dette Instrument, holder man det i Ringen A, og hænger efterhaanden Vægt-

lodder af 1, 2, 3... Punds Vægt paa Krogen I, hvorhos man paa Stangen AB mærker hvor stor en Deel af samme der for hver paahængt Vægt trækkes oven ud af Futteralet; og de saaledes engang gjorte Inddelinger bestemme da siden Störrelsen af enhver given Vægt, der hænges paa I. Omendskjöndt dette Instrument har den Fordeel at være portativt, saa fortjener det dog ikke at anprises til nöiagtigt Brug, deels fordi dets Rigtighed ikke let kan pröves; deels fordi Staalfjederen omsider taber sin Elasticitet, hvorved Instrumentet efterhaanden bliver falskt, ikke at tale om Luftens Temperatur, som maa have Indflydelse derpaa. Plade XVII.

§ 22.

Instrumenter, som vise Tridsens Egenskaber.

En Tridse er en cirkelrund Skive, som bevæges om sin Axe ved Hjælp af en Snor, der lægges om Skivens Rand, og som dreier den formedelst Frictionen. Det klöftede Stykke, som omfatter Tridsen, og bærer dens Axe, kaldes Blokken eller Gaffelen.

Tridser ere enten *faste*, hvilke under Snorens Bevægelse beholde deres Sted, eller *bevægelige*, hvilke under Snorens Bevægelse flytte sig tilligemed den Last, som de bære.

I Almindelighed kan enhver Slags Tridses Theorie undersöges, og dens Virkning forud bestemmes paa to Maader: enten kan man ansee Kræfternes Virkning paa Tridsen, som om den skete paa en Vægtstang, hvilken da for den faste Tridse maa være *toarmet*, hvor Tridsens Axe er Hvilepunktet, men for den bevægelige Tridse en *eenarmet* Vægtstang, hvor Tridsens Axe er det Sted, hvorpaa Lasten virker; eller man kan i Almindelighed bestemme en Tridses Virkning, ved at undersöge Forholdet mellem de Hastigheder, hvormed Lasten og Kraften bevæge sig, da Kraften altid holder Ligevægt med en Last, der er saa mange Gange större end Kraften, som dennes Hastighed er större end hiins.

Den faste Tridse medförer vel ingen egentlig mekanisk Fordeel, forsaavidt den forudsætter til Ligevægt en ligesaastor Kraft, som den Last der skal bevæges; men imidlertid er den dog af Vigtighed, eftersom den leder Kraftens Retning, og man formedelst denne Tridse kan faae livlöse Kræfter, der naturligviis i deres Bevægelse följe Tyngdens Retning, til at virke som levende. Dette bliver indlysende ved följende Instrument.

FÖRSTE INSTRUMENT.

A (Pl. 17, Fig. 5) er den överste, og B den nederste Deel af en Ramme, i hvilken de faste Tridser C, D og E ere anbragte. En Last L er ophængt ved en Snor, som gaaer over Tridsen C og derfra over Tridserne D og E, hvor dens anden Ende bærer en Vægt V. Fig. 5.

Enten man ved dette Instrument betragter den horizontale Diameter af Tridsen C som en ligearmet Vægtstang af förste Slags, hvis Bevægelsespunkt er Tridsens Axe, og paa hvilken Vægten V virker over Tridserne D og E, som den modsatte Kraft af Lasten L; eller man tager Hensyn til den Omstændighed, at Kraften V ved dette Instrument ikke kan bevæges op eller ned, uden at i samme Tid Lasten L föres ligesaa langt ned eller op, og at altsaa Kraftens og Lastens Hastigheder ere ligestore, saa sees ved begge Betragtningsmaader, at der ved den faste Tridse udkræves til Ligevægt en ligesaa stor Kraft som Last; og at altsaa den faste Tridses Nytte, som ovenfor er

Plade XVII. nævnet, bestaaer deri, at Kraften derved ledes efter en vilkaarlig Retning. Saaledes sees ved dette Instrument, at Kraften virker nedad over E, istedetfor at den uden Tridsens Hjælp maatte, for at hæve Lasten L, have virket lodret opad.

Denne Ledning af Kraften er af ikke ubetydelig Fordeel, saa ofte en Last skal löftes ved Menneskekræfter, eftersom Armens og Kroppens egen Tyngde virker til Fordeel for en nedadvirkende, men til Hinder for en opadvirkende Kraft

Kraftens Virkning paa en enkelt Tridse beroer ikke paa hvor stor eller hvor liden en Deel af Omkredsen Snoren omfatter, men kun paa den Retning, under hvilken Snoren trækker. Det förste sees ved fölgende Instrument.

ANDET INSTRUMENT.

Fig. 6. AB (Pl. 17, Fig. 6) er en Fod, paa hvilken tvende ligehöie, og oventil klöftede Standere CD og EF ere lodret opreiste. Paa den förste er anbragt en fast Tridse G, og paa den sidste et om Axen F bevægeligt Messingkors HIMK, hvis fire Arme, som ere sammenstillede under rette Vinkler, ere indbyrdes ligestore, og desuden ligestore med Radius af Tridsen G.

Hænges ved I en Last L, og föres fra M over Tridsen G en Snor, som bærer Vægten V, da vil Tridsen og Korset blive i Hvile dersom V og L veie ligemeget, da IFM er at ansee som en brudt ligearmet Vægstang af förste Slags, hvis Hvilepunkt er i F, og paa hvis Arme begge Kræfter virke lodret.

Hænges derpaa den samme Last i L′ ved K, og föres Snoren fra H over Tridsen G, da vil en Vægt V′ af samme Störrelse, som den forrige Vægt V, atter holde Ligevægt med Lasten; thi i dette Tilfælde bliver HFK den brudte ligearmede Vægtstang, paa hvilke Kræfterne virke lodret og i samme Afstande fra Hvilepunktet, som i det förste Tilfælde. Men da nu Snoren i hiint Tilfælde omfatter tre Fjerdedele, i dette kun een Fjerdedeel af Tridsens Omkreds, saa sees, at denne Omstændighed ikke kan komme i Betragtning ved Bestemmelsen af Kraftens Virkning paa Tridsen.

Derimod er det ikke ligegyldigt under hvilken Retning Kræfterne virke paa Tridsen. Det er nemlig ovenfor bemærket, at man ved den bevægelige Tridse kan betragte de modsatte Kræfter som virkende paa en eenarmet Vægtstang, hvor Tridsens Axe er Stedet for Lasten. Virker nu Kraften i en saadan Retning, at begge Snorene, som omfatte Tridsen, blive parallelle, da er det tydeligt, at den Vægtstang der kan træde istedetfor Tridsen, er dennes Diameter, samt at Kraftens Afstand fra Hvilepunktet er doppelt saa stor som Lastens, og at altsaa under denne Forudsætning Kraften holder Ligevægt med en doppelt saa stor Last. Virker derimod Kraften under en anden Retning, saa at Snorene ikke blive parallelle, saa kan det nysnævnte Forhold mellem Kraft og Last
Fig. 7. heller ikke finde Sted. Naar nemlig ved en bevægelig Tridse (Pl. 17, Fig. 7) Kraften virker efter den skjæve Retning BK, da er Vægtstangen i Tridsen ikke dennes horizontale Diameter, men Chorden AB, hvor A er Hvilepunktet, og hvor Lasten L virker lodret paa E, altsaa med en Afstand fra Hvilepunktet = AE. Derimod er Kraftens Afstand = AD, eller den lodrette Linie fra Hvilepunktet til Forlængelsen af Kraftens Retningslinie BK. Men i den retvinklede Triangel ABD, hvor AB er Hypothenusen og AD Catheten, er AD mindre end AB, eller mindre end 2.AE; det er: Kraftens Afstand er her mindre end den doppelte Afstand af Lasten, hvoraf fölger, at Kraften maa være mere end halv saa stor som Lasten for at holde Ligevægt med denne.

Dette vises ved fölgende Instrument.

TREDIE INSTRUMENT.

Plade XVII.

AB (Pl. 17, Fig. 8) er en paa Fodstykket IK lodret staaende Stötte, i hvis överste Deel er indskaaret en Rende, hvori fæstes Tverstykket CD, der ligeledes er gjennemskaaret efter Længden med en Rende. I denne hænges ved Krogen E en almindelig Vægtskaal, hvis ene Skaal er borttaget, og i hvis Sted er anbragt en Tridse T, der bæres af en i Krogen H befæstet Snor. Sættes Instrumentet i en saadan Stilling, at Snorene over Tridsen gaae parallelle, da er det indlysende, at Tridsens horizontale Diameter er at ansee som en Vægtstang af andet Slags, hvor Hvilepunktet ligger lodret under H, Lasten L virker lodret paa Centrum, og Kraften ligeledes virker lodret paa det Endepunkt af Diameteren, hvilket ligger lodret under G. Da altsaa Kraftens Afstand fra Vægtstangens Hvilepunkt er doppelt saa stor som Lastens, saa holder ogsaa Kraften Ligevægt med en doppelt saa stor Last. Saalænge nu den ligearmede Vægtstang FG er horizontal, da er den paa F virkende Kraft lig den, som virker paa G, hvorved sees, at Instrumentet er i Ligevægt og Hvile, naar Vægten af V tilligemed Skaalen og Snorene er det halve af Tridsens og Lastens Vægt. Lader man nu Vægten V, der naturligviis i dette Tilfælde tilligemed Skaalen og Snoren udtrykker den paa Tridsen virkende Kraft, ligesaavel som Lasten L blive uforandret i Henseende til Störrelse, men rykker Krogen E til E′ og Krogen H til H′ da beholde Snorene over Tridsen ikke længere deres parallelle Stilling, og man vil nu see, at den nys anvendte Kraft V ikke længer er tilstrækkelig til at holde Lasten i Ligevægt da nemlig Vægtstangen nu antager Stillingen F′G′.

Fig. 8.

For at formindske Frictionen ved en Tridse, söger man især at forandre den gnidende Friction, som ved Tridsens Omdreining finder Sted paa Axen, til rullende. Dette opnaaes ved saadanne Indretninger, som sees ved följende Instrumenter.

FJERDE INSTRUMENT.

Pl. 17, Fig. 9 forestiller en Tridse, der i Midten indenfor AB har en Indfatning, der bestaaer af to parallelle cirkelformige Ringe, en paa hver Side af Tridsen. Mellem disse Ringe hvile Axerne af 6 smaae Metalruller a, b, c, d, e, f, hvilke alle beröre hinanden, og hvis Peripherier danne en Aabning C i Midten af Tridsen, i hvilken Tridsens Axe anbringes, og Frictionen vil da befindes at være langt ubetydeligere, end om Tridsen uden Frictionsruller umiddelbart havde gnedet paa sin Axe.

Fig. 9.

FEMTE INSTRUMENT.

AB og **CD** (Pl. 17, Fig. 10) ere to Jernböiler, der udgjöre den forreste Deel af Tridsens Indfatning, hvis bageste Deel er fuldkommen eensdannet med denne. Hver Deel af Indfatningen bærer tvende om deres Axer bevægelige Frictionsruller, som E og F paa Forsiden. Paa disse Rullers Peripherier hvile tvende i Tridsen selv fastgjorte Tappe, der tjene den som Axe, og af hvilke den forreste sees ved G.

Fig. 10.

Naar Tridsen omdreies, sættes Frictionsrullerne i Bevægelse, hvorved Frictionen paa Tappen betydeligen formindskes.

Det er forhen viist, at den enkelte faste Tridse tjener kun til at lede Kraftens Retning, uden at kunne forstörre dens Virkning. Hvor betydeligen derimod Kraftens Virkning formeres ved Forbindelse af flere faste og bevægelige Tridser, sees af följende Instrumenter.

SJETTF INSTRUMENT.

Plade XVIII.

AB (Pl. 18, Fig. 1) er en horizontal Fod, paa hvilken tvende ligehöie Messingstötter CD og EF ere lodret opreiste, og oventil forbundne ved et Tverstykke DF, der er gjennemskaaret med en Rende, for deri at kunne ved Kroge anbringe de forskjellige Tridser paa vilkaarlige Steder.

Langs med de lodrette Stötter CD og EF ere anbragte tvende inddeelte Scaler, ved hvis Hjælp man bestemmer Lastens og Kraftens Bevægelser i samme Tid, hvoraf, som ovenfor er nævnet, Tridsens Virkning kan bestemmes.

Fig. 1. № 1.

Fig. 1, № I forestiller to faste sammenhængende Tridser, indfattede i samme Blok, og bevægelige om samme Axe. Den Snor, som bærer Lasten L, er fastgjort til Randen af den mindre, og Snoren, som bærer Kraften K, til Randen af den större Tridse.

Forholdet imellem Tridsernes Diametre bestemmer her Forholdet imellem Last og Kraft. Er f. Ex. den mindre Tridses Diameter det halve af den större Tridses, da er det aabenbart, at hvergang Lasten L hæves een Fod i Veiret, da synker Kraften K to Fod; da altsaa Kraftens Bevægelse her er doppelt saa hastig som Lastens, saa sees, at Kraften under denne Forudsætning holder Ligevægt med en doppelt saa stor Last; hvilket og följer deraf, at Kraftens Afstand fra Hvilepunktet (Tridsens Axe) i den uligearmede Vægtstang, der kan tænkes dannet af begge Tridsernes horizontale Radier, er doppelt saa stor som Lastens Afstand fra samme Punkt.

Ere flere faste og bevægelige Tridser saaledes forbundne, at alle de faste Tridser ere indfattede i een Blok, og alle de bevægelige i en anden; men een Snor sætter dem alle i Bevægelse, da kaldes et saadant Instrument en *Gie* eller *Tallie*.

Fig. 1. № 2.

Fig. 1, № 2 forestiller en saadan Tallie, med tre faste og tre bevægelige Tridser, hvor Snorens ene Ende er fæstet til den faste Blok. Det er tydeligt, at hvergang Lasten L ved dette Instrument hæves een Fod, da bliver hver af de sex Snore, som löbe om Tridserne, een Fod kortere, hvoraf följer, at den Snor, som kommer ud over den överste Tridse, og i hvilken Kraften K er anbragt, bliver i samme Tid 6 Fod længer. Saaledes sees, at Kraftens Hastighed er sex Gange saa stor som Lastens, hvoraf följer, at Kraften ved en Tallie af dette Antal Tridser holder Ligevægt mod en sex Gange saa stor Last.

Fig. 1. № 3.

Fig. 1, № III forestiller en anden Tallie, med tre faste og to bevægelige Tridser, hvor Snoren er fastgjort til den bevægelige Blok. Ligesom ved den forrige Tallie sees her, at hvergang Lasten L hæves een Fod, blive hver af de fem Snore, som her löbe om Tridserne, een Fod kortere, og at altsaa Snoren, som kommer ud over den överste faste Tridse, og bærer Kraften, bliver i samme Tid fem Fod længer. Kraftens Hastighed er altsaa her det femdoppelte af Lastens, og Kraften holder derfor Ligevægt med en fem Gange saa stor Last.

Tænker man sig lignende Tallier bestaaende af flere eller færre Tridser, da indsees det af de to anförte Exempler, at Kraften vil ved dette Slags Tallier holde Ligevægt mod en saamange Gange större Last, som Antallet af de om Tridserne löbende Snore udtrykker. Ihvorvel altsaa Kraftens Virkning ved slige Tallier betydelig föröges, saa maa man dog erindre, at de medföre först den Ubeqvemhed, at Blokkens Længde, der altid maa være lidt större end Summen af Tridsernes Diametre, vil formindske den Höide, hvortil Lasten hæves; dernæst og, at den faste Bloks nederste og den bevægelige Bloks överste Tridser maae, for at undgaae Forvikling af Snoren, være temmelig smaae, hvorved Modstanden af Snorenes Stivhed föröges.

Naar flere bevægelige Tridser ere anbragte, uden at være indfattede i samme Blok, da föres de under Bevægelsen enten nedad mod Lasten, som ved Fig. I, № IV, eller opad med Lasten, som ved Fig. I, № V. Plade XVIII.

Fig. I, № IV bestaaer af en fast Tridse A, over hvilken fra Lasten L gaaer en Snor L a e f, som er fastgjort ved den bevægelige Tridse B; over denne gaaer fra Lasten L en anden Snor L b g h, der er fastgjort ved den anden bevægelige Tridse C; over denne gaaer atter fra Lasten L en tredie Snor L c i l, der er fastgjort ved den tredie bevægelige Tridse D, over hvilken endelig den fjerde Snor L d m n gaaer, som bærer Kraften K. Fig. 1. № 4.

Naar altsaa Lasten L antages hævet een Fod opad, da bliver af den förste Snor Siden L a een Fod kortere följelig e f een Fod længere. Tridsen B er altsaa kommen een Fod længere ned, og da tillige Lasten L er kommen een Fod höiere op, saa er den anden Snor L b bleven to Fod kortere, altsaa g h to Fod længere. Da saaledes Tridsen C er kommen to Fod længer fra B, og denne igjen een Fod længer fra A, saa er ialt Tridsen C kommen 3 Fod længer ned; men da Lasten L til samme Tid er löftet een Fod höiere op, saa er den tredie Snor L c bleven fire Fod kortere, altsaa i l fire Fod længere. Nu er altsaa Tridsen D kommen fire Fod længere fra C, hvilket lagt til de to Fod som C har fjernet sig fra B, og den ene Fod, som B har fjernet sig fra A, gjör, at Tridsen D er ialt kommen 7 Fod længere ned; men da desuden Lasten L er kommen een Fod höiere op, saa er den fjerde Snor L d bleven 8 Fod kortere, altsaa m n 8 Fod længere. Naar altsaa Lasten L hæves een Fod, bliver m n 8 Fod, i l 4 Fod, g h 2 Fod og e f 1 Fod længere, altsaa synker Kraften K ialt 15 Fod, medens Lasten hæves een Fod, hvoraf följer, at Kraften ved dette Instrument holder Ligevægt med en femten Gange saa stor Last.

Imidlertid maa herved bemærkes, at den anförte Bestemmelse af Forholdet mellem Kraft og Last er ved dette Instrument, saavelsom og, skjöndt i mindre Grad, ved de to foregaaende, № II og № III, mindre nöiagtig, fordi ikke alle Snorene over Tridserne gaae fuldkommen parallelle, hvilken Omstændighed, som ovenfor er viist, har nogen, skjöndt her ubetydelig Indflydelse til at formindske Kraftens Virkning.

Tænkes iövrigt det sidst beskrevne Instrument at bestaae af flere eller færre bevægelige Tridser, da indsees det ifölge den fremsatte Beregning let, at man ved sligt Instrument kan i Almindelighed antage, at

$$K : L = 1 : (2^n - 1),$$

idet n er Antallet af samtlige Tridser, den faste inclusive.

Ved det Instrument som forestilles Fig. 1, № V, er Lasten L ved en Krog heftet til den förste bevægelige Tridse B; om denne gaaer fra Krogen a den förste Snor a d e f, som heftes under den anden bevægelige Tridse C, om hvilken den anden Snor b g h i gaaer fra Krogen b, og heftes under den tredie bevægelige Tridse D; om denne gaaer endelig den tredie Snor c k l m n p fra Krogen c om den faste Tridse A, over hvilken den bærer Kraften K. Fig. 1. № 5.

Naar nu Lasten L löftes een Fod i Veiret, bliver Siden a d af den förste Snor een Fod kortere, altsaa e f een Fod længere, da saaledes Tridsen C fjernes een Fod fra B, og denne selv löftes een Fod, saa löftes altsaa Tridsen C to Fod, följelig bliver den anden Snor b g to Fod kortere, og h i to Fod længere. Da altsaa h i er bleven to Fod længere, e f een Fod længere, og Lasten selv er löftet een Fod, saa er ialt Tridsen D löftet fire Fod i Veiret, altsaa er den tredie Snor c k blevet fire Fod, og ligeledes l m fire Fod kortere, hvoraf följer, at n p er bleven otte Fod længere. Saaledes er

Plade XVIII. altsaa ved dette Instrument Kraftens Hastighed otte Gange saa stor som Lastens, hvoraf følger, at Kraften her holder Ligevægt med en otte Gange saa stor Last.

Tænkes flere eller færre bevægelige Tridser anbragte paa samme Maade, saa indsees letteligen, at man i Almindelighed kunde antage, at

$$K : L = 1 : 2^n,$$

naar n var Antallet af de bevægelige Tridser.

Iövrigt maa endnu ved begge Instrumenterne № IV og № V bemærkes, at den Höide, hvortil Lasten kan hæves, formindskes betydeligen derved, at de bevægelige Tridser under Bevægelsen fjerne sig saa langt fra hinanden.

SYVENDE INSTRUMENT.

Fig. 2. En anden Forbindelse af faste og bevægelige Tridser, ved hvilken Kraftens Virkning formeres, forestilles Pl. 18, Fig. 2. Over Lasten L er lagt en Böile, fra hvilken den förste Snor a b c d gaaer op over den faste Tridse A, og fastgjöres oven i den bevægelige Blok B, der indfatter tvende Tridser, eller er tveskaaren. Under denne Blok er Enden af den anden Snor fasgjort, som först gaaer ned om den ene Tridse i den til Lasten L befæstede tveskaarne Blok C, derfra op om den ene Tridse i B, saa ned om den anden Tridse i C og op over den anden Tridse i B, hvorpaa denne Snors anden Ende forbindes med Kraften K.

Hvergang nu Lasten L hæves een Fod i Veiret, bliver den förste Snor a b een Fod kortere og c d een Fod længere, d. e. den bevægelige Blok B fjerner sig een Fod fra den faste Tridse A, og kommer altsaa to Fod nærmere til Blokken C, altsaa blive hver af de fire Dele af den anden Snor, der omfatte Tridserne i disse bevægelige Blokke, to Fod kortere, hvoraf følger, at Snoren BK bliver otte Fod længere, eller at Kraftsn K fjerner sig otte Fod fra Blokken B; da desuden denne i samme Tid fjerner sig een Fod fra den faste Tridse A saa sees, at Kraften K ialt synker ni Fod nedad, medens Lasten hæves een Fod opad, hvoraf følger, at Kraften ved en saadan Forbindelse af Tridser holder Ligevægt med en ni Gange saa stor Last.

OTTENDE INSTRUMENT.

Fig. 3. Til Lasten L (Pl. 18, Fig. 3) er fæstet en bevægelig tveskaaren Blok C. Fra denne gaaer den förste Snor a b c d op over den faste Tridse B, og befæstes oven i den bevægelige tveskaarne Blok D. Den anden Snor a e f g K gaaer ud fra Blokken C, op over den faste Tridse A, derfra ned under den ene Tridse i C, saa op fra höire til venstre over den ene Tridse i Blokken D, derpaa ned og fra venstre til höire under den anden Tridse i C, saa atter op og fra venstre til höire ud over den anden Tridse i D, hvorpaa den endelig forbindes med Kraften K.

Löftes nu Lasten L een Fod i Veiret, da bliver Stykket a b af den förste Snor een Fod kortere, altsaa c d een Fod længere, d. e. den bevægelige Blok D fjerner sig een Fod fra B. Paa den anden Snor bliver först saavel a e, som f g hver een Fod kortere, altsaa a e f g to Fod kortere; dernæst kommer Blokken C formedelst Lastens Bevægelse een Fod, og desuden formedelst Bevægelsen af Blokken D een Fod nærmere til denne sidste; altsaa nærme Blokkene C og D sig ialt 2 Fod, hvorved hver af de tre Dele af den anden Snor, som löbe mellem Tridserne i C og D, bliver to Fod kortere, og saaledes forkortes altsaa den anden Snor imellem C og D 6 Fod, imellem C og A 2 Fod, og Stykket DK af denne Snor bliver følgelig ialt 8 Fod længere. Lægges hertil endnu den ene Fod,

som D har fjernet sig fra B, saa sees at Kraften K ialt synker ni Fod nedad, medens Lasten L stiger een Fod opad, og at altsaa formedelst denne Indretning Kraften holder Ligevægt med en ni Gange saa stor Last, ved hvilken Bestemmelse imidlertid maa erindres den Unöiagtighed, som följer af at Snorene ikke paa alle Tridserne virke parallelle; herved taber nemlig Kraften noget af sin Hastighed og altsaa af sin Fordeel over Lasten, og dette Tab bliver desto betydeligere, jo höiere Lasten stiger, da derved Snorene stedse mere afvige fra den parallelle Stilling. Plade XVIII.

NIENDE INSTRUMENT.

Pl. 18, Fig. 4 forestiller en anden Slags Tallie, hvis Indretning sees tydeligere i Fig. 5. A er en fast fiirskaaren Blok, under hvilken en anden fiirskaaren Blok B er fastgjort saaledes, at Tridserne i den sidste staae tvers for Tridserne i den förste. Lasten L hænger ved en bevægelig fiirskaaren Blok D, over hvilken, og tvers for samme, er fastgjort en treskaaren Blok C, som altsaa följer hiins Bevægelse. Paa Enderne af Snoren, der sætter alle disse 15 Tridser i Bevægelse, virke tvende ligestore Kræfter K og K′, hvis Retninger ledes over de faste Tridser E og F. For med mueligste Korthed og Tydelighed at kunne angive Snorens Gang over Talliens forskjellige Tridser, ville vi med Tallene 1, 2, 3, 4 betegne Tridserne i hver enkelt Blok efter den Orden, i hvilken de paa Figuren sees nærmest, saa at altsaa A 1 betyder den förste Tridse i Blokken A, C 2 den anden i Blokken C o. s. v., og da er Snorens Gang följende. Fig. 4 Fig. 5.

Enden K gaaer ind over A 2, og derfra om D 2, A 1, D 1, B 1, C 1, B 2, C 2, B 3, C 3, B 4, D 4, A 4, D 3, A 3, fra hvilken sidste Tridse Snorens anden Ende K′ udgaaer. Naar nu ved denne Tallie Lasten L hæves een Fod i Veiret, da bliver hver af de fjorten Snore, som löbe imellem de 15 Tridser een Fod kortere; följelig bliver den udenfor Tallien gaaende Deel af Snoren 14 Fod længere, og hver af Kræfterne K og K′ synker 7 Fod, medens Lasten hæves 1 Fod, hvoraf sees, at hver af Kræfterne K og K′ holder Ligevægt med en 7 Gange saa stor, og följelig hele Kraften med en 14 Gange saa stor Last.

Dette sidste Slags Tridseværk er fri for den Ubekvemmelighed, der, som forhen er nævnet, finder Sted ved de Gier, i hvilke hver Bloks enkelte Tridser sidde under hinanden; ligesom herved ogsaa undgaaes den ufordeelagtige Anvendelse af Kraften, som finder Sted ved de sædvanlige, med jevnsides anbragte Tridser forsynede Gier, ved hvilke nemlig Kraften umiddelbart virker paa den yderste Tridse, istedetfor at den ved det her beskrevne Tridseværk virker umiddelbart paa begge de mellemste.

Iövrigt maa ved Tridsernes praktiske Anvendelse endnu tages Hensyn paa adskillige Omstændigheder, hvilke ikke altid ved Theorien kunne med fuldkommen Nöiagtighed bestemmes, men som ikke destomindre ere af yderste Vigtighed, forsaavidt de formindske Kraftens Virkning i Forhold til Lasten. Saadanne ere fornemmelig: de bevægelige Blokkes og Tridsers egen Vægt, Frictionen, og den Modstand, som Tougenes Stivhed foraarsager ved Bevægelsen, om hvilken sidste i det Följende skal tales.

§ 23.

Instrumenter, som vise Spillets Egenskaber.

Plade XIX. *Spillet* eller *Vinden* kan ansees som en Samling af Tridser, anbragte paa samme Axe. Med Hensyn til dette Redskabs forskjellige Stilling mod Horizonten, förer det forskjellige Navne; ligger det horizontalt kaldes det *Bradtspil*, staaer det verticalt hedder det *Gangspil*.

Under den Forudsætning, at baade Last og Kraft virke lodret paa Spillet, vil det i ethvert Tilfælde være let at bestemme det Forhold, der maa finde Sted imellem disse for at frembringe Ligevægt. Man kan nemlig enten ligefrem betragte Kræfterne som virkende paa en retliniet Vægtstang, hvis Hvilepunkt er Spillets Axe, og hvis Arme ere Radierne til de Peripherier, paa hvilke de modsatte Kræfter virke, hvorved da den för Vægtstangen anförte almindelige Ligevægtslov bliver at anvende, eller man kan sammenligne de Hastigheder, med hvilke Kraften og Lasten formedelst denne Maskine bevæge sig; men disse Hastigheder forholde sig som de i ligelange Tider gjennemlöbne Rum, d. e. som Peripherierne hvorover Kræfterne virke, og da disse atter forholde sig som deres Radier, saa sees, at begge Betragtningsmaader give det samme Resultat, og at altsaa ved Spillet Kraften holder Ligevægt med en Last, der er enten liig Kraften, eller 2, 3, 4, etc. Gange saa stor som denne, alt eftersom Radius af det Hjul, hvorover Kraften virker, er liig, eller 2, 3, 4 &c. Gange saa stor som Radius af Valtsen, paa hvilken Lasten anbringes.

Fig. 1. Heraf sees, at naar baade Kraft og Last anbringes saaledes som K og L (Pl. 19, Fig. 1) paa en Snor, der hænger over en horizontal, overalt ligetyk Valtse, da maa begge være ligestore, om Ligevægt skal finde Sted. Hænger man derimod kun Lasten ved Snoren over Valtsen, men lader Kraften virke ved en Svingel C, hvis Længde er f. Ex. 3 Gange saa stor som Valtsens Radius, da vil og Kraften holde Ligevægt med en tre Gange saa stor Last, og Lasten vil altsaa löftes, naar Kraften erholder en liden Tilvæxt.

Endnu bör herved mærkes, at hvergang Spillet bevæges formedelst et Menneskes Kraft, der virker paa Svingelen C, da kan det angivne Forhold mellem Last og Kraft ikke antages under hele Bevægelsen at blive det samme, fordi Armens egen Tyngde virker til Fordeel for Kraften, medens Haanden föres fra Peripheriens överste til sammes nederste Punkt, men til Hinder for Kraften, medens Haanden bevæges nedenfra opad, og dette er Grunden, hvorfor man i Almindelighed, saa ofte tvende Svingeler anbringes paa de modsatte Ender af Spillets Valtse, fæster den ene Svingel C i modsat Retning af den anden D, for at den nysnævnte Ulighed under Bevægelsen kan virke til Fordeel for Kraften paa det ene Haandtag paa samme Tid, som den virker til Hinder for Kraften paa det andet.

Uagtet den mekaniske Fordeel, som Kraften ved denne Maskine erholder over Lasten, ifölge det Ovenanförte beroer derpaa, at det Hjul, hvorpaa Kraften virker, har en större Radius, end den Valtse, paa hvilken Lasten anbringes, saa er det dog ingenlunde nödvendigt, at Kraften altid skal ledes over et heelt fuldstændigt Hjul. Saaledes træder ved Pl. 19, Fig. 1 Svingelen C istedetfor et saadant Hjul, og ofte indsættes blot i Valtsen nogle Vægtstænger (Haandspigere), der naturligviis ere længere end Valtsens Radius, og som, da Kraften virker paa deres yderste Ender, forestille Radierne i det Hjul, der bestemmer Kraftens Virkning.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Plade XIX. Fig. 2.

AB (Pl. 19, Fig. 2) er en Valtse, hvis yderste Tappe hvile paa de Buer, der ere opreiste paa Foden PQ. Valtsen AB har paa forskjellige Steder forskjellig Tykkelse, saasom ved C, D, E, F og G, fra hvilken sidste Deel desuden udgaae Tappe, der virke som Vægtstænger, og som ovenfor er viist, tjene til at föröge Kraftens Virkning.

Vil man anvende dette Instrument til at vise den Fordeel, som Kraften vinder over Lasten, naar begge virke paa et Spil, da vikler man den Snor, der bærer Lasten L, om en af de tyndere Dele, f. Ex. om C, og den Snor, der bærer Kraften K, den modsatte Vei om en af de tykkere Dele, f. Ex. F, og man vil da altid finde, at Kraft og Last holde hinanden Ligevægt, naar Kraften er saa mange Gange mindre end Lasten, som Radien til den Deel af Spillet, hvorpaa Kraften virker, er större end Radien til den Deel, hvorpaa Lasten virker. Er f. Ex. Radien til F 4 Gange saa stor som Radien til C, da vil Kraften K, anbragt over F, holde Ligevægt med en fire Gange saa stor Last L, som virker over C.

Ogsaa kan ved dette Instrument vises, at en Kraft holder Ligevægt mod flere Laste, der anbringes paa forskjellige Dele af Spillet, naar kuns Produktet af Kraften multipliceret med dens Afstand fra Spillets Axe (ɔ: med den Radius, hvorpaa den virker), er lig Summen af de Produkter, der udkomme, naar hver enkelt Last multipliceres med sin respective Afstand fra Spillets Axe. Saaledes, dersom paa C, hvis Radius er = 1 Tomme, hænges en Last L = 12 Lod, paa D, hvis Radius er 2 Tommer, en Last L′ = 9 Lod, paa E, hvis Rädius er = 3 Tommer, en Last L″ = 2 Lod; da ville alle disse Laste, der tilsammen udgjöre 23 Lod, holdes i Ligevægt, naar man kun paa den modsatte Side paa F, hvis Radius er = 6 Tommer, anbragte en Kraft = 6 Lod, da

$$6 \times 6 = 1 \times 12 + 2 \times 9 + 3 \times 2.$$

Blandt de mangfoldige Anvendelser af Spillet, som forekomme i det daglige Liv, er en af de allerheldigste og hensigtsmæssigste sikkert den, som finder Sted ved Sneglen i et Uhr, hvor en elastisk Fjeder frembringer Bevægelsen, og hvor denne Bevægelse bliver eensformig, just formedelst en passende Anvendelse af Spillets Theorie.

ANDET INSTRUMENT.

En saadan Snegl af et Uhr forestilles Pl. 19, Fig. 3 og 4. Fig. 3 og 4.

Paa Fig. 3 forestiller A Gjennemsnittet af den Kapsel, i hvilken Uhrfjederen ligger, og paa hvis Omkreds er befæstet den ene Ende af Kjeden, der, naar Uhret er optrukket, ligger viklet om den sneglformig indskaarne afkortede Kegle, hvis Gjennemsnit forestilles ved B. Paa Fig. 4 forestille A′ og B′ de samme Stykker sete fra Siden.

Naar Uhret nyligen er optrukket, og altsaa hele Kjeden viklet om Sneglen, da virker Uhrfjederens Elasticitet med sin stærkeste Kraft; men da vikles Kjeden af Sneglens överste og smalleste Deel, og Kraften, der i dette Öieblik er stærkest, virker saaledes nærmest ved Sneglens Axe, följelig mindst fordeelagtig. Jo længere Tid nu Uhret gaaer, desto mindre bliver Kraften af Fjederens Elasticitet, men desto fordeelagtigere virker og den yttrede Kraft, eftersom den stedse virker paa Punkter, der ere længere borte fra Sneglens Axe; og följelig bliver Uhrets Gang jevn, naar Afstandene af de forskjellige Punkter paa Sneglegangen fra Axen tiltage i samme Forhold, hvori Uhrfjederens elastiske Kraft aftager.

Plade XIX.

Ogsaa ved forskjellige Kraner og andre Löftemaskiner anvendes Spillet med betydelig Nytte. Paa de fleste af disse Redskaber er det Hjul, hvorpaa Kraften virker, forsynet enten med Tappe, der udgaae fra Hjulets Kant, og paa hvilke Menneskehænder gribe fat, eller med Tremmer, paa hvilke Mennesker eller Dyr træde, og derved sætte Maskinen i Bevægelse (Ganghjul). Endskjöndt paa det sidste Slags Hjul de bevægende Menneskers eller Dyrs egen Vægt formaaer betydeligt til Kraftens Formerelse, saa bliver dog derved at erindre, at Kraften i dette Tilfælde ikke virker lodret paa Enden af Hjulets Radius, og altsaa ikkun kan antages at virke i den Afstand fra Hjulets Axe, som bestemmes ved en Linie, der er fældet fra det Punkt af Omkredsen, som Kraften umiddelbart berörer, lodret paa Hjulets horizontale Diameter.

Endnu maa ved deslige Maskiner tages i Betragning Tykkelsen af det Toug, ved hvilket Lasten virker paa Spillets Bom, da Lastens Afstand fra Spillets Axe egentlig bliver at regne fra Midten af det Toug, hvori Lasten hænger; og fornemmelig bliver denne Tougets Tykkelse af Vigtighed, naar det flere Gange vikles om sig selv paa Spillets Bom, hvorved altid Lastens Afstand fra Axen föröges til Svækkelse for Kraften. Paa Grund heraf bliver ved mange Leiligheder, f. Ex. naar Ankeret lettes paa Skibe, Touget trukket af Spilbommen efterhaanden som det hales op.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 5.

En overordentlig brugbar Anvendelse af Spillet er *Krumtappen*, som forestilles Pl. 19, Fig. 5, og bestaaer af en Axe eller Bom AB, der dreies ved en Kraft, som enten virker ved et Lod over Tridsen D, eller paa Omkredsen af Hjulet C, eller endelig istedetfor dette Sidste ved en Svingel (Pl. 19, Fig. 6). Paa Axen AB er et udböiet Stykke a, hvilket altsaa beskriver en Cirkel omkring Axen AB, hvergang denne, eller det Hjul, som befinder sig paa Enden af den, dreies rundt. Det er dernæst öiensynligt, at om en Stang formedelst et Öie heftes til den længst udstaaende Deel a af Krumtappen, da vil denne Stang, dersom den hænger verticalt, löftes een Gang op og trykkes een Gang ned for hver Omdreining af Krumtappen; den löftes nemlig höiest, naar a er lige over Axen AB, og nedtrykkes dybest, naar a er lige under samme. Er derimod den saaledes anbragte Stang stillet horizontal, f. Ex. ud til höire Side af Krumtappens Axe, da vil Stangen for hver Omdreining af Krumtappen trækkes een Gang til venstre, naar a er lige paa venstre Side af AB, og skydes een Gang til höire, naar a er lige paa höire Side af AB. Anbringes som ved Fig. 5 to Udböininger a og a′ paa samme Axe, da kaldes Instrumentet en *doppelt Krumtap*. De to Udböininger ere da almindeligviis stillede lige imod hinanden, hvoraf följer, at naar de to Stænger, der anbringes paa a og a′, ere verticale, da hæves altid den ene medens den anden trykkes ned; ere derimod begge Stængerne horizontale, da trækkes altid den ene til venstre, medens den anden skydes til höire.

Fig. 6.

Anvendelserne af Krumtappen ere mangfoldige. En af de mærkeligste sees ved den saakaldte *Stangkunst*, der er en Pumpemaskine, som anvendes ved Bjergværker og paa andre Steder, naar Vandet skal hæves op i en betydelig Afstand fra det Sted, hvor Omstændighederne tillade at anbringe det Værk, som sætter Pumpemaskinen i Bevægelse.

FJERDE INSTRUMENT.

Fig. 7.

Pl. 19, Fig. 7 forestiller en Model af en saadan Stangkunst. CD er er Fodstykke, paa hvilket ere opreiste to ligestore Standere EF og GH, som bære Axen AB til en tredoppelt Krumtap, hvis

tre Udböininger a, a′ og a″ ere stillede i forskjellige Retninger mod hinanden indbyrdes. Lige ud for hver af de tre Dele a, a′ og a″ staae et Par lodrette Standere, af hvilke det Par, som staaer lige ud for a, er betegnet med Bogstaverne IK og LM. Disse bære oventil en Ramme KNOM, som i Hjörnerne er klövet. I disse Klöfter ere anbragte to om deres Midtpunkter bevægelige Vægtstange bc og b′c′. I lige Linie med IK og LM staaer endnu en tredie til Krumtappen a hörende Stander PQ, i hvis överste klöftede Deel er anbragt et om en Axe bevægeligt Kors b″c″ed, paa hvilket Stykkerne b″c″ og ed ere stillede under rette Vinkler mod hinanden, og ere af samme Længde som de forhen omtalte Vægtstange bc og b′c′. Punkterne b, b′ og b″ ere forbundne med en Stang, og fra c″ gaaer gjennem c′ og c en anden hen til Krumtappen a. Paa Siderne af Standeren PQ ere anbragte to Pumperör RS og R′S′; Stemplet, der bevæger sig i det förste af disse, er oventil forbundet med e og Stemplet i det sidste med d. Endelig er det af Figuren tydeligt, at der til Krumtappene a′ og a″ svare lignende Indretninger, som ere overeensstemmende med den her for Krumtappen a beskrevne. Plade XIX. Fig. 7.

Naar Instrumentets Fodstykke sættes i Vand, og Krumtappens Axe dreies rundt, da ville de Stænger, som sætte hver Krumtap i Forbindelse med dens tilhörende Kors, bringe dette i saadan Bevægelse, at de to derved anbragte Stempler vexelviis gaae op og ned i Pumperörene, og saaledes vil Vandet paa eengang pumpes op af alle 6 Pumper.

§ 24.

Instrument, som viser Skraaplanens Egenskaber.

En Skraaplan kaldes enhver Plan, som danner en skjæv Vinkel med Horizonten. Det Forhold, som ved denne Maskine finder Sted imellem Kraften og Lasten, er som Planens Höide til dens Længde, hvilket sees ved följende Instrument.

INSTRUMENT.

AB (Pl. 19, Fig. 8) er et Bret, der tjener til Fod for Instrumentet, og hvis horizontale Stilling pröves ved et fra Toppen G af den paa Brettet perpendiculaire, inddeelte Messingstok GH nedhængende Lod, og tilveiebringes ved Hjælp af de tre Skruer, paa hvilke Brettet hviler. CD er et cirkelbueformigt Messingstykke, der ved C er fastgjort til Brettet AB, og tjener til derved at befæste ved en Skrue den gjennemskaarne Ende F af en om en Hængsel ved E bevægelig Skraaplan EF. Paa denne lægges Lasten L, der, for at kunne bevæge sig med mindre Friction, hviler paa to Hjul. Mod denne Last virke de to ligestore Vægte V og V′, der altsaa forestille Kraften, og virke parallelt med Skraaplanen over to Tridser, som ere anbragte paa Skraaplanens Sider. Fig. 8.

Man hænger over Tridserne to ligestore Vægte V og V′, der tilsammentagne udtrykke Kraften, og man bevæger Skraaplanen saalænge op eller ned paa Cirkelbuen CD indtil man træffer det Punkt, hvor Kraften og Lasten holde hinanden Ligevægt. Derpaa maaler man paa GH Skraaplanens Höide under denne Stilling, og man vil da altid finde, at Skraaplanens Höide er saamange Gange mindre end dens Længde, som Kraften (V + V′) er mindre end Lasten L. Var f. Ex. L = 5 Lod, V og V′ hver eet Lod, og Skraaplanens Længde = 15 Tommer, da vilde Höiden

Plade XIX. findes at være 6 Tommer, efterdi $5:2=15:6$. Forandres Skraaplanens Stilling, da ophæves Ligevægten, og dette skeer til Fordeel for Kraften, hvis Skraaplanen föres dybere ned imod C, men til Fordeel for Lasten, hvis Skraaplanen löftes höiere op imod D.

Naar iövrigt Skraaplanen anvendes til at löfte tunge Byrder, da kommer derved fornemmelig Lastens Friction mod Skraaplanen i Betragtning, der tildeels forandrer det beviste Forhold, idet den betydeligen formindsker Kraftens Virkning.

§ 25.

Instrument, som viser Kilens Egenskaber.

En Kile er et ret tresidet Prisme, hvis to Grundflader altsaa ere Triangler, og hvis tre Sideflader ere Rectangler. Den mindste af disse Sideflader kaldes *Kilens Ryg*, de to andre hedde dens *Sider;* den Kant, som Siderne danne med hinanden, kaldes *Kilens Eg*, og en lodret Linie fra denne til Ryggen kaldes *Kilens Höide.* Er den Triangel, som udgjör Kilens Grundflade, retvinklet, da kaldes Kilen enkelt, og er egentlig en Skraaplan, hvis Længde svarer til Kilens Side, og hvis Höide er Kilens Ryg; er derimod Kilens Grundflade en skjævvinklet ligebenet Triangel, da kaldes Kilen doppelt, og kan ansees som sammensat af to ligestore Skraaplaner saaledes, at hver Skraaplans Længde bliver en Side, i Kilen, og at deres samlede Höider udgjöre Kilens Ryg. Disse to Slags Kiler sees Pl. 19, Fig. 9 og 10. Fig. 9 og 10.

I Almindelighed udledes Kilens Theorie af Skraaplanens, og Erfaringen lærer ogsaa, at Kilen virker desto fordeelagtigere, jo spidsere dens Eg er, og det saaledes, at der er Ligevægt, naar Kraften forholder sig til Lasten som Kilens halve Ryg til dens Höide.

Kilens Anvendelse i det daglige Liv er som bekjendt til at klöve eller löfte.

Plade XX.

INSTRUMENT.

Fig. 1. Fig. 2. **AB** (Pl. 20, Fig. 1) er en langagtig rund Skive eller Plade, paa hvis Rand tre Tridser C, D og E ere befæstede ved Skruer. En saadan Skrue med tilhörende Tridse sees Fig. 2. Paa Pladen AB lægges en Indretning, sammensat af to ligestore Messingstykker a b og c b, der ere forbundne med en Hængsel i b, hvilket Punkt tillige formedelst en lille Stift er befæstet saaledes paa Pladen, at det ikke kan glide frem eller tilbage. Fra c gaaer en Snor, som over Tridsen D bærer Vægten M′ og fra a gaaer ligeledes en Snor over Tridsen E, som bærer Vægten M, der er ligesaa stor som M′. Mellem Benene af den Vinkel, som a b og c b danne med hinanden, lægges en Kile d e f, som særskilt forestilles Fig. 3. I denne Kile, som bevæger sig paa tre Frictionsruller, bliver d e at ansee som Kilens Ryg, d f og e f som dens Sider, og f som Eggen. Ved f er en Krog, hvorfra gaaer en Snor, som over Tridsen C bærer Vægten K. Man seer altsaa, at Vægten K udtrykker den Kraft, som driver Kilen ind i Legemet, ligesom Summen af Vægtene M og M′ udtrykker Materiens Modstand. Fig. 3.

Efterat have anbragt de to ligestore Vægte M og M′ over Tridserne D og E, hænger man over C en Vægt K af den Störrelse, at alle bevægelige Dele paa Instrumentet ere i Hvile, og altsaa holde hinanden Ligevægt, og man vil da finde, at Kraften K er saa mange Gange mindre end Modstanden $(M+M')$, som Kilens halve Ryg er mindre end dens Side.

Iövrigt er det vanskeligt ved Forsög at opdage Lovene for denne Maskines Virkning, da saamange andre Omstændigheder, saasom Frictionen, den spaltede Materies Figur, samt Cohæsions- og Elasticitets-Grad, dens Fibrers Styrke og Böielighed m. m. have betydelig Indflydelse paa de Phænomener, som vise sig ved Forsögene med denne Maskine. Hertil kommer endnu den Vanskelighed, at denne Maskine som oftest ikke bruges saaledes som de fleste andre, formedelst et *Tryk*, men formedelst et *Stöd*, der rimeligviis sætter Delene af det Legeme, hvorpaa Kilen virker, i en zittrende Bevægelse, og saaledes fremskynder deres Adskillelse, hvorfor og som oftest Spalten sees at gaae foran for den indtrængende Eg af Kilen. Men Kraften af dette Stöd er ikke let at bestemme, og at lade et Tryk virke istedet for Stödet, gaaer ikke an, fordi Trykket af en betydelig Vægt hængt over en Kiles Ryg, ikke vil frembringe den Virkning, f. Fx. paa et Stykke Træ, som et let Stöd paa Kilens Ryg. Forsögene med det ovenfor beskrevne Instrument kunne derfor kuns ansees som tjenlige til at oplyse Kilens Grundtheorie. Plade XX.

§ 26.

Instrument, som viser Skruens Egenskaber.

Skruen er er Cylinder, om hvilken en Skraaplan er saaledes viklet, at Skraaplanens længste Side danner en Sneglelinie paa Cylinderens Overflade.

Til en fuldstændig Skrue udfordres to Stykker: en solid Cylinder, paa hvis udvendige krumme Overflade Skruegangen er anbragt (Hanskruen), og en cylindrisk Huulhed, i hvis indvendige krumme Flade en Skruegang af samme Störrelse er indskaaret (Hunskruen). Begge maae passe saaledes til hinanden, at den enes udadgaaende Dele nöiagtig udfylde den andens indadgaaende. **AB** (Pl. 20, Fig. 4) forestiller Hanskruen, og den hule Deel af Træstykket **CD**, igjennem hvilken **AB** föres, Hunskruen. Fig. 4.

Betragtes Skruen, i Overeenstemmelse med det Ovenanförte, som en med en Skraaplan omviklet Cylinder, da svarer hver enkelt Omvikling af Skruegangen til Skraaplanens Længde, ligesom Afstanden imellem to paafölgende Skruegange til Skraaplanens Höide. Dette bliver indlysende ved fölgende Instrument.

INSTRUMENT.

AB (Pl. 20, Fig. 5) er en Træcylinder, til hvis Side er heftet en ved **D** retvinklet Triangel **CDE** af Pergament, hvis længste Side **CE**, udstrakt i en Plan, forestiller Skraaplanens Længde, men, viklet om Cylinderen, betegner Længden af en enkelt Skruegang, og hvoraf Siden **CD**, som er Skraaplanens Höide, betegner Afstanden imellem Skruegangene, eller Skruegangens Höide. Fig. 5.

Ihvorvel nu denne Forestillingsmaade tydelig nok forklarer Skruens Figur, saa er dog derved at erindre, at den Skraaplan, der saaledes tænkes viklet om Cylinderen, just formedelst denne Omvikling, ophörer at være en Plan, og man vil derfor lettere kunne bestemme Virkningen af en Skrue, naar man, uden Hensyn til Skraaplanen, umiddelbart sammenligner de Hastigheder, med hvilke Lasten og Kraften ved denne Maskine bevæge sig. Hvad enten nu Kraften umiddelbart virker paa Skruens Hoved, eller den anbringes paa en Vægtstang, som til Virkningens yderligere Forögelse stikkes igjennem Skruehovedet **A**, Fig. 4, saa er det dog indlysende, at Kraften maa bevæge sig en

Plade XX. heel Gang rundt om Skruen, medens denne flyttes saa langt, som Afstanden imellem Skruegangene er stor, eller med andre Ord, medens Lasten bevæges gjennem et Rum, der er liigt Skruegangens Höide. Fölgelig er der ved Skruen Ligevægt imellem Kraft og Last, naar hiin er saamange Gange mindre end denne, som Skruegangens Höide er mindre end Omkredsen af den Cirkel, som Kraften ved Skruens Bevægelse beskriver. Heraf sees, at Kraftens Virkning paa Skruen er under iövrigt lige Omstændigheder desto betydeligere, jo nærmere de enkelte Skruegange ligge ved hinanden; men desto langsommere bliver da ogsaa Lastens Bevægelse, og af denne Grund anvendes Skruen sjeldnere til at löfte Byrder, men den bruges med Fordeel hvor man vil anbringe et betydeligt Tryk.

Den ualmindelig store Friction, som finder Sted ved denne Maskine, og i anden Henseende virker til Skade for Kraften, medförer den væsentlige Fordeel, at Skruen, naar den er dreiet nogle Gange om, ikke af sig selv kan gaae tilbage, og at altsaa Kraften ikke behöver uafbrudt at virke for at vedligeholde Trykket.

§ 27.

Instrumenter, som vise de sammensatte Maskiners Egenskaber.

Enhver sammensat Maskine kan ansees som en Forbindelse af to eller flere af de enkelte Maskiner, hvis Egenskaber hidindtil ere blevne forklarede. Forholdet mellem Last og Kraft i den sammensatte Maskine bestemmes altsaa ved de Forhold, der finde Sted i hver af de enkelte Maskiner, af hvilke den sammensatte bestaaer, og man kan fremsætte det som en almindelig Lov, at Kraft og Last holde hinanden Ligevægt i en sammensat Maskine, naar Kraften og Lasten staae i et Forhold til hinanden, der er sammensat af alle de Forhold, der finde Sted mellem Kraft og Last ved de samtlige enkelte Maskiner, af hvilke den sammensatte bestaaer, eller, hvilket stedse leder til det Samme, naar Kraften og Lasten forholde sig omvendt som deres Hastigheder. Naar man altsaa ved en given sammensat Maskine vil bestemme Kraftens Forhold til Lasten, da kan man rettest begynde med den enkelte Maskine, hvorpaa Kraften umiddelbart virker, og der bestemme hvormange Gange Lasten bevæger sig langsommere end Kraften, da dette Tal netop angiver Forholdet mellem Kraft og Last ved den förste enkelte Maskine; fortsættes nu denne Fremgangsmaade lige til den sidste enkelte Maskine, ved hvilken Lasten er anbragt, da behöver man kun at multiplicere alle de Tal, der angive Forholdene for hver enkelt Maskine, og dette Produkt vil da bestemme Forholdet mellem Kraft og Last ved den givne sammensatte Maskine.

Denne Fremgangsmaade vil nærmere oplyses ved fölgende sammensatte Maskiner.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Fig. 6. AB (Pl. 20, Fig. 6) er et Bret, der tjener til Fodstykke for den saakaldte sammensatte Vægtstang: ab'', der bestaaer af tre enkelte uligearmede Vægtstange af förste Slags, nemlig ab, $a'b'$ og $a''b''$. Den förstes Hvilepunkt er i m, den andens i m' og den tredies i m''. Er nu paa den förste Vægtstang Armen am 6 Gange saa lang som Armen mb, da bevæges Punktet a 6 Gange saa hurtigt som Punktet b, og en Kraft K, som anbringes ved a holder altsaa Ligevægt med en 6 Gange saa stor Last anbragt ved b. Men da Punktet b af den förste Vægtstang umiddelbart meddeler sin Bevægelse til Punktet a' af den anden Vægtstang, saa bevæges ogsaa Punktet

a′ netop med samme Hastighed som Punktet b; og er nu paa den anden Vægtstang Armen a′m′, 4 Gange saa lang som Armen m′b′, saa er Bevægelsen af Punktet b′ 4 Gange saa langsom som Bevægelsen af Punktet a′ eller b, og altsaa 4×6 ɔ: 24 Gange saa langsom som Bevægelsen af Punktet a, hvorfor en Kraft K, anbragt i a, vil holde Ligevænt med en 24 Gange saa stor Last som kunde anbringes ved b′. Anvendes nu fremdeles samme Slutningsmaade paa den tredie Vægtstang a″b″ ved hvilken den længste Arm a″m″ er 6 Gange saa lang som den mindre m″b″, saa sees, at Kraften K, som anbringes ved a paa den förste Vægtstang, holder Ligevægt med en ved b″ paa den sidste Vægtstang anbragt Last L, der er 6×4×6 ɔ: 144 Gange saa stor som K. Plade XX.

Da den samme Betragtningsmaade kan anvendes, hvad Forhold der end finder Sted mellem Længderne af Armene paa de enkelte Vægtstange, saa sees, at det for de sammensatte Vægtstange, hvor den kortere Arm af den ene Vægtstang virker paa den længere Arm af den anden, bliver en almindelig Ligevægtslov, at Kraften forholder sig til Lasten, som Productet af alle de de korte Vægtstangsarme til Produktet af alle de lange (i det anförte Exempel 1×1×1 til 6×4×6 eller som 1 : 144).

En anden Hovedart af sammensatte Maskiner er den, hvor Hjul af forskjellig Störrelse ere forbundne, for paa en eller anden Maade at sætte hinanden i Bevægelse. Randen paa slige Hjul er enten glat eller forsynet med Indsnit; i sidste Fald kaldes de *Tandhjul*, og ere enten *Stjernehjul* (Pl. 20, Fig. 7), hvor Tænderne ligge i Hjulets Plan, eller *Kamhjul* (Pl. 20, Fig. 8), hvor Tænderne staae lodrette paa Hjulets Plan, eller parallelle med dets Axe. Et mindre Tandhjul, som sidder paa Axen af et större, og bevæger sig tilligemed dette, kaldes et Drev, og Indsnittene i dets Omkreds undertiden *Drevstokke*. Fig. 7 og 8.

Naar et horizontalt Hjul skal sætte et verticalt i Bevægelse, eller omvendt, da kan en saadan Meddelelse af Bevægelsen erholdes paa flere Maader. Saaledes kan man enten gjöre begge Hjulene coniske (Pl. 20, Fig. 9), hvis Omkredse have Form af to riflede afkortede Kegler, der vælte sig paa hinanden; eller man kan lade Tænderne af et verticalt Kamhjul gribe ind i Stokkene af et horizontalt Drev, eller omvendt. Denne Forbindelse sees ved Kamhjulet A og Drevet B (Pl. 20, Fig. 10). Hvorledes Bevægelsen meddeles mellem to Hjul, eller et Hjul og et Drev, der begge ere horizontale eller begge verticale, sees ved C og D paa samme Figur. Kun maa i alle slige Tilfælde agtes, at Störrelsen af Tænderne paa to i hinanden gribende Hjul stedse maa være den samme, for at de kunne passe i hinanden, hvoraf följer, at det mindre Hjul erholder saa mange Gange færre Tænder end det större, som Omkredsen af hint er mindre end Omkredsen af dette; eller da Hjulenes Omkredse forholde sig som deres Radier, saa er og stedse Forholdet mellem Radierne af to i hinanden gribende Tandhjul det samme, som Forholdet mellem Tændernes Antal. Hvorledes nu Forholdet mellem Last og Kraft bestemmes ved et givet Hjulværk, sees ved följende Instrument. Fig. 9. Fig. 10.

ANDET INSTRUMENT.

Vægten K (Pl. 20, Fig. 11), som forestiller Kraften, virker over et glat Hjul A, paa hvis Axe sidder et Drev a; dette Drev griber ind i Tænderne af Hjulet B, paa hvis Axe sidder et andet Drev b, som igjen griber ind i Tænderne af et tredie Hjul C, over hvis Bom c Vægten L, Fig. 11.

Plade XX. der forestiller Lasten, er hængt. Er nu Radien af Hjulet A fire Gange saa stor som Radien af Drevet a, da er det tydeligt, at hvergang Vægten L synker een Fod, da gjennemlöber hvert Punkt paa Omkredsen af Hjulet A een Fod, men hvert Punkt paa Omkredsen af Drevet a kun $\frac{1}{4}$ Fod; men da Bevægelsen af Tænderne i Drevet a er den samme som Bevægelsen af Tænderne i Hjulet B, saa bevæger sig ogsaa hvert Punkt paa Omkredsen af Hjulet B 4 Gange saa langsomt som Kraften K; er nu fremdeles Radien af Hjulet B 5 Gange saa stor som Radien af Drevet b, da bevæger hvert Punkt paa Omkredsen af Drevet b, saavel som Hjulet C sig 5 Gange saa langsomt, som hvert Punkt paa Omkredsen af Hjulet B, og 5×4 ɔ: 20 Gange saa langsomt som Vægten K; den gjennemlöber altsaa kun $\frac{1}{20}$ Fod, medens K synker 1 Fod; er endelig Radien af Hjulet C 3 Gange saa stor som Radien af Bommen c, da bevæger hvert Punkt paa Omkredsen af Bommen c sig 3 Gange saa langsomt, som hvert Punkt paa Omkredsen af Hjulet C, eller $3 \times 5 \times 4$ ɔ: 60 Gange saa langsomt som Vægten K, hvoraf följer, at medens Kraften K synker 1 Fod, da vikles $\frac{1}{60}$ Fod af den Snor, hvori Lasten hænger, op paa Bommen c, hvorved Lasten hæves $\frac{1}{60}$ Fod; og Kraften holder altsaa ved dette Instrument Ligevægt mod en 60 Gange saa stor Last.

Herom overbevises man, ved at hænge over Bommen c en Vægt L, som er 60 Gange saa stor som den Vægt K, der hænger over A, da Maskinen i dette Tilfælde vil blive i Hvile.

Da den nysanförte Slutningsmaade ligesaavel maa kunne anvendes, hvad andet Forhold der end finder Sted mellem Hjulene og Drevene, saa indsees let, at det for slige Hjulværker kan fastsættes som en almindelig Ligevægtslov, at Kraften forholder sig til Lasten, som Produktet af alle Radierne i Drevene (Bommen, hvorover Lasten hænger, med iberegnet) til Produktet af alle Hjulenes Radier (i det anförte Exempel som $1 \times 1 \times 1$ til $3 \times 5 \times 4$, eller $= 1 : 60$).

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 12. En anden sammensat Maskine er *Dunkraften*. En saadan forestilles paa Pl. 20, Fig. 12. Inden i Blokken AB bevæger sig en stærk Löftestang CD, hvis överste grenede Deel D bærer Lasten, og paa hvis ene Side er indskaaret Tænder, formedelst hvilke Stangen hæves. E er en Svingel, hvis Axe er forsynet med et Drev F; dette griber ind i et Tandhjul G, paa hvis Axe sidder et andet Drev H, der med sine Tænder griber ind i Löftestangen, og hæver denne. Ved denne Maskine hæves Lasten, der hviler paa D, naar Svingelen E dreies rundt. Er nu denne Svingel f. Ex. 15 Tommer lang, og Radius i det förste Drev F 1 Tomme, da bevæges Kraften 15 Gange hurtigere end ethvert Punkt i det förste Drev F, eller i Hjulet G, hvis Bevægelse herved bestemmes. Er nu Radius af Hjulet G 6 Tommer og Radius af det andet Drev H 2 Tommer, da er Bevægelsen af hvert Punkt i det andet Drev, eller i Löftestangen CD, 3 Gange saa langsom som Bevægelsen af hvert Punkt i Hjulet G, og 3×15 eller 45 Gange saa langsom som Kraftens Bevægelse.

Heraf följer, at Kraften paa denne Maskine holder Ligevægt mod en 45 Gange saa stor Last. Da nu et Menneske i Almindelighed uden Möie kan anvende en Kraft, der er lig Trykket af 50 Pund, saa indsees, at et Menneske af sædvanlig Styrke kan formedelst denne Maskine uden Vanskelighed hæve en Last af 2000 Pund.

FJERDE INSTRUMENT.

Plade XX.

Virkningen, som frembringes ved Dunkraften, kan meget forstærkes ved Hjælp af Skruen uden Ende, som nedenfor beskrives, og hvorved et Drev og et Hjul spares; dog kan den formedelst det indskrænkede Rum i Blokken, ikke erholde den fornödne Fuldkommenhed. En saadan Dunkraft sees Pl. 20, Fig. 13, hvor Drevet paa Svingelens Axe dreier en Skrue uden Ende, der da umiddelbart griber ind i Tænderne af Löftestangen CD. Fig. 13.

FEMTE INSTRUMENT.

Til de sammensatte Maskiner, der medföre betydelig Nytte, hörer ogsaa *Skruen uden Ende.* Den bestaaer af en Hanskrue, der ikke bevæges i nogen Hunskrue, men hvis Gænger gribe ind i Tænderne af et Stjernehjul, og sætter dette i Bevægelse; hvorved Skruen uden Ende altsaa gjör Tjeneste som et Drev. Da nu Hjulet kan omdreies uden Ophör, saa kan ogsaa Skruen vedblive at bevæges, uden nogensinde, som den sædvanlige Skrue, at blive drevet saa langt ind, at dens Bevægelse ophörer.

Paa Axen AB (Pl. 21, Fig. 1) er en Skrue indskaaren, som dreies rundt ved Svingelen C. Den griber ind i Tænderne af Hjulet D, over hvis Bom E er ophængt Vægten L. Plade XXI.

Har Svingelen 2 Tommers Længde, da er Diameteren af den Cirkel, som Kraften under Omdreiningen beskriver 4 Tommer; og betegner man ved π det Tal (3,141592....) som udtrykker Forholdet imellem en Cirkels Diameter og Omkreds, saa er 4π Tommer den Vei, som Kraften beskriver, medens Skruen AB dreies een Gang rundt, eller medens Hjulet D dreies een Tands Brede fremad. Har nu Hjulet D 100 Tænder, saa gjennemlöber Kraften, der virker paa Enden af Svingelen, en Vei af 400π Tommer, medens Hjulet D, eller Bommen E dreies een Gang rundt. Er derhos Diameteren af denne Bom E $=$ 1 Tomme, da er dens Omkreds $=\pi$ Tommer, og af den Snor, der bærer Lasten, vikler der sig altsaa π Tommer om Bommen E, eller, hvilket er det samme, Lasten L hæves π Tommer i Veiret, medens Kraften gjennemlöber et Rum af 400π Tommer. Kraftens Hastighed forholder sig altsaa til Lastens som 400 til 1, og Kraften holder saaledes paa denne Maskine Ligevægt med en 400 Gange saa stor Last; hvoraf följer, at et Menneske, der kun er istand til at virke med en Kraft af noget over 50 Pund, kan ved denne Maskine hæve en Last af 400×50 eller af 20000 Pund. Fig. 1.

SJETTE INSTRUMENT.

En sammensat Maskine, der egentlig kun er en meget simpel Anvendelse af Spillet, men hvis Virkning er meget betydelig, forestilles Pl. 21, Fig. 2. AB er en paa 4 ligehöie Stötter hvilende firkantet Træramme. To af dennes modstaaende Sider ere forsynede med to Buer, der bære Axen af en Bom CD, som paa et Sted ved G er tykkere end paa et andet Sted ved H. Bommen er ved G omviklet med en Snor, der gaaer ned om den bevægelige Tridse T, i hvilken Lasten L hænger; herfra gaaer samme Snor op til H, om hvilken Deel dens anden Ende vikles ad den modsatte Vei, hvoraf följer, at hvergang Snorens ene Ende vikles op paa Bommen ved G, da afvikles dens anden Ende af Bommen ved H. Paa Enden af Bommens Axe sidder et Hjul E, eller en Svingel F, paa hver af hvilke Kraften efter Behag kan anbringes. Forholdet mellem Kraft og Last paa denne Maskine beroer paa Forholdet mellem Diameteren af Hjulet E, og de forskjellige Tyk- Fig. 2.

Plade XXI. kelser af Bommen ved G og H. Er f. Ex. Svingelen F eller Radius i Hjulet E 5 Tommer, Diameteren af Bommen ved G $1\frac{1}{2}$ Tomme og ved H 1 Tomme, da er det indlysende, at hvergang Bommen dreies eengang rundt, da gjennemlöber Kraften et Rum af $2 \times 5 \times \pi$ Tommer, d. e. $10\,\pi$ Tommer. Men i samme Tid opvikles paa G et Stykke af Snoren, hvis Længde er $\frac{3}{2}\,\pi$ Tommer, hvorimod der ved H afvikles et andet Stykke, hvis Længde er π Tommer; hvoraf följer at Lasten hæves igjennem et Rum, som er ligt $\frac{\frac{3}{2}\,\pi - \pi}{2}$ Tommer, d. e. $\frac{1}{4}\,\pi$ Tomme. Kraftens Hastighed forholder sig altsaa til Lastens som $10\,\pi$ Tommer til $\frac{1}{4}\,\pi$ Tomme, d. e. som 40 til 1, og Kraften holder saaledes paa denne Maskine Ligevægt med en 40 Gange saa sor Last.

Pl. 21, Fig. 3 og 4 forestille to Apparater, paa hvilke der samlet ere anbragte adskillige af de, saavel enkelte som sammensatte Maskiner, hvis Natur og mekaniske Nytte i det Foregaaende er forklaret.

SYVENDE INSTRUMENT.

Fig. 3. AB (Pl. 21, Fig. 3) er en Messingfod, som bærer et horizontalt Tverstykke CD. Paa dettes ene Side ere ved E, F, G og H anbragte adskillige, saavel faste som bevægelige Tridser, af hvilke G og H ere fuldstændige Tallier. Paa Enden C er opreist en Messingramme, der bærer adskillige Vægtstænger. En af disse er IM, hvis Hvilepunkt er i N, og som paa Figuren sees anvendt som en Vægtstang af andet Slags, hvor Lasten L og Kraften K virke paa samme Side af Hvilepunktet. OPQ er en sammensat Vægtstang af samme Beskaffenhed som den Pl. 20, Fig. 6 beskrevne; paa den virker Kraften K′ imod Lasten L′. RS forestiller den brudte eller krumme Vægtstang, paa hvilken Kraften K″ og Lasten L″ virke mod hinanden.

Instrumentet anvendes til at vise Egenskaberne af de derpaa anbragte Maskiner paa samme Maade, som det for hver af disse er paa sit Sted i det Foregaaende bleven forklaret.

OTTENDE INSTRUMENT.

Fig. 4. AB (Pl. 21, Fig. 4) er en Fod, der bærer det horizontale Stykke CD, paa hvis ene Ende D under forskjellige Vinkler kan fastskrues den under Pl. 20, Fig. 1 beskrevne Skive, som tjener til at vise Skraaplanens Natur og Kilens Virkning. Paa den anden Ende C er en Ramme, hvor en Kraft virker over det glatte Hjul E, og derved sætter en Skrue uden Ende i Bevægelse, hvilken
Fig. 5. igjen dreier Tandhjulet F rundt, over hvis Bom M (Fig. 5) hænger Lasten L. Paa den anden Ende af denne Bom er et andet glat Hjul G, over hvilket man kan lade en Kraft virke ved H. Dette glatte Hjul G og Tandhjulet F kunne ved Hjælp af en lille Skaade, som sees ved N (Fig. 5) virke enten i Forening med hinanden, eller særskilt hver for sig. Skraaplanens Egenskab vises herved saaledes, som det ved det Pl. 19, Fig. 8 beskrevne Instrument er forklaret. Lader man en Kraft virke ved H paa Hjulet G og en Last paa Bommen M, uafhængigen af Tandhjulet og Skruen uden Ende, da oplyses herved Spillets Natur. Hænger man derimod Kraften K over E og Lasten L paa Bommen M, da har man en Skrue uden Ende, hvis Virkning bestemmes saaledes som ved Pl. 21, Fig. 1 er forklaret.

Slutteligen maa endnu engang for alle bemærkes, at den Fordeel, som Kraften ved Maskinerne ifölge Theorien har over Lasten, ikke bör ventes aldeles fuldstændig i Virkeligheden; thi ved

Anvendelsen hindres Bevægelsen af mangfoldige Omstændigheder, hvis Virkninger Theorien ikke altid kan nöiagtigen bestemme. Plade XXI.

Saadanne Omstændigheder ere fornemmelig Frictionen og Tougenes Modstand. Af disse fortjener med Föie det som angaaer Tougene en særdeles Betragtning, fordi Brugen af Toug næsten ved alle Maskiner er uundgaaelig nödvendig; og herved bliver da fornemmelig at tage Hensyn til Tougenes Styrke, Vægt, Böielighed og Stivhed.

Tougenes Styrke bestemmes ved Hampens Godhed, saavelsom ved Graden af Snoeningen. Skjöndt denne Snoening er nödvendig, fordi de enkelte Hamptrevler, der ikke paa alle Steder ere lige tykke og stærke, netop herved forbindes saaledes, at de svage Steder paa en Trevl forenes med de stærke Steder paa en anden, saa har dog Erfaring lært, at for megen Snoening svækker Tougenes Styrke, saa at et Toug, der som i Almindelighed skeer, er snoet saa stærkt, at dets Længde er forkortet en Trediedeel, bærer mere, naar det formedelst Snoeningen kun var forkortet en Fjerde- eller en Femtedeel.

Tougenes Vægt kommer især i Betragtning, naar de virke over en Tridse, hvorved den længste Deel altid virker til Fordeel for den af de modsatte Kræfter, som derved er anbragt.

Tougenes Böielighed har Indflydelse paa Bevægelsen, hvergang Touget skal virke efter en ret Linie over en Plan f. Ex. en Skraaplan, af nogenlunde mærkelig Længde; thi i saa Fald vil Touget, formedelst det Deles egen Vægt, krumme sig nedad i Midten, og derved forandre Kraftens Retning.

Tougenes Stivhed foraarsager især en mærkelig Hindring for Bevægelsen saa ofte de virke over en Tridse, en Bom, eller et Hjul, og ihvorvel de anstillede Forsög have lært os at kjende de vigtigste Momenter, efter hvilke denne Modstand af Tougenes Stivhed retter sig, saa ere dog mange Omstændigheder tilbage, som, idet de forandre Tougenes Stivhed til forskjellige Tider, medföre Usikkerhed i de af Forsögene uddragne Resultater, og derhos ere af den Beskaffenhed, at ingen fuldstændig Theorie kan angives. Saaledes afhænger Tougets Stivhed af dets Nyhed, Fugtighed eller Törhed o. s. v. Följende Instrument er af Amonton angivet til at anstille Forsög med Tougene.

NIENDE INSTRUMENT.

AB (Pl. 21, Fig. 6) er et Fodstykke, som bærer to lodrette, ligestore Standere **CD** og **EF**, der oventil ere forenede med et horizontalt Tverstykke. Paa dette er udenfor Standerne ved **G** og **H** anbragte adskillige Kroge, ligesom der ogsaa indenfor Standerne sidde to, **I** og **K**. Fig. 6.

I Krogene ved **G** og **H** opbænges de Toug, hvis Styrke man vil pröve, og ved **I** og **K** de, hvis Stivhed skal undersöges. Til denne Hensigt fastheftes de to fra **I** og **K** nedhængende, ligetykke Toug forneden i et Bret **MN**, som de altsaa bære, og paa hvilket efterhaanden lægges forskjellige Vægte, hvis Störrelse bestemmer den Grad af Spænding, som Touget skal underkastes. Desuden snoes Touget eengang om den tykke Deel af en Træcylinder a, istedetfor hvilken man efter Godtbefindende kan bruge to andre, b og c, der forestilles neden under Figuren. Diameterne af disse tre Cylindre a, b og c forholde sig til hinanden som **1 : 2 : 3**; men i Midten ere de alle af samme Tykkelse, ligesom der og ved de paa Enderne af a og b anbragte Metalkugler er sörget for, at de alle ere lige tunge. Om den saaledes ophængte Cylinders midterste og tyndeste Deel vikles en tynd Snor, som bærer en Vægtskaal **L**. I denne lægges efterhaanden forskjellige Vægte, hvis Störrelse naturligviis bestemmer den Kraft, med hvilken den ophængte Cylinder ifölge sin Tyngde stræber at overvinde Tougets Stivhed,

Plade XXI. og at rulle ned til MN. Saaledes blive Lodderne i Vægtskaalen L Maalet for den Modstand, som Tougenes Stivhed foraarsager. For först at kjende Tougenes *Styrke*, og den Indflydelse, som Snoeningen har derpaa, ophænger man i Krogene ved G og H nogle Stykker af en og samme Snor, og betynger dem nedentil efterhaanden med saamegen Vægt, at de omsider briste, og man lærer saaledes at kjende, hvor stor Vægt efter Middeltal hver Snor særskildt kan bære. Derpaa snoes disse Snore sammen til et Toug, og man vil finde, at Touget ikke kan bære Summen af de Vægte, der særskilt bares af de enkelte Snore.

For dernæst ved Hjælp af samme Instrument at bestemme, hvorefter Modstanden af Tougenes *Stivhed* retter sig, ophænger man ved I og K efterhaanden forskjellige Par Toug af forskjellig Tykkelse, og lader dem böies over de forskjellige Cylindre, saavelsom spændes af forskjellige Vægte ved V, og man finder da:

1. at, naar samme Toug böies over samme Cylinder, voxer Stivhedens Modstand i Forhold til den spændende Kraft, som er Vægten V, naar denne nemlig efterhaanden gjöres större eller mindre;
2. at, naar forskjellige Toug med samme Spænding böies over samme Cylinder, da voxer Stivhedens Modstand i Forhold til Tougenes Diametre;
3. at, naar samme Toug med samme Spænding böies over forskjellige Cylindre, da yttrer sig den stærkeste Modstand af Tougstivheden paa den tyndeste Cylinder.

TREDIE AFDELING.

Hydrostatik og Hydraulik.

§ 23.

Den Deel af Naturlæren, som indeholder Lovene for de flydende Legemers Tryk og Ligevægt, saavel mellem hinanden indbyrdes, som med faste Legemer, kaldes *Hydrostatikken*; Lovene for de flydende Legemers Bevægelse afhandles i *Hydraulikken*. De flydende Legemer adskilles i Almindelighed derved fra de faste, at deres Dele ere yderst bevægelige, saa at enhver nok saa liden Kraft er stærk nok til at foraarsage Stedforandring imellem de flydende Legemers Dele. Tænkes nu et flydende Legeme bestaaende af uendelig mange Smaadele, saa följer det af den nysnævnte store Bevægelighed mellem disse, at hver enkelt lille Deel yttrer sin Tyngde uafhængig af alle de övrige Smaadele; og at altsaa ikke, som ved de faste Legemer, samtlige Deles Tyngde kan tænkes forenet i eet eneste Punkt eller Tyngdecenter. Hvorledes Erfaring stadfæster denne Sætning, sees ved Forsög med följende Instrument.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Plade XXII. Fig. 1.

AB (Pl. 22, Fig. 1) er et Fodstykke, som bærer et cylinderformigt Glas CD. I Bunden af dette er ved E et Hul, hvori passer et Messingrör, som gaaer ned under Fodstykket til F. I dette Rör passer et bevægeligt Stempel eller en Prop, og til Rörets överste Deel ved E kan fastskrues et Glasrör EG, som altsaa staaer inden i det större Glas CD. AB bærer desuden en lodret Stander KM, der oventil har et Indsnit, hvorigjennem Vægtstangen NO bevæger sig. Fra N nedhænger en Skaal L, og fra O en Silkesnor, som heftes i en Metaltraad, der er fastgjort i det forhen omtalte Stempel. Endeligen er under Instrumentet en Kasse med et Rör, igjennem hvilket man lader Vandet löbe ud. Gyder man nu Vand i det inderste Glasrör GE, indtil en vis Höide, som man mærker sig, og lægger i Skaalen L saamegen Vægt, at denne holder Ligevægt med Trykket, som den i Glasröret værende Vandmængde udöver paa Stemplet, saa at altsaa Instrumentet er i Hvile, og man derpaa borttager Glasröret GE, og nu gyder Vand i det store Glas CD, til samme Höide som för, saa vil man see, at den samme Vægt i Skaalen L endnu holder Ligevægt mod Vandets Tryk paa Stemplet, og at altsaa dette i begge Tilfælde kun trykkes af den lodrette Vandcolonne, som den bærer, uden at Sidecolonnerne formaae at formere Trykket.

Paa den ovennævnte store Bevægelighed mellem de flydende Legemers Dele grunder sig Indretningen af de forskjellige Redskaber, ved hvilke Vandet löftes i Veiret eller bortledes fra et Sted til et andet, saasom Kasseværker, Paternosterværker, Suug- og Trykpomper m. m. Följende Instrument forestiller en Model af et Kasseværk.

ANDET INSTRUMENT.

Imellem to verticale Standere (Pl. 22, Fig. 2), sidde to horizontale Valtser A og B. Over disse gaaer et Baand uden Ende, paa hvilket adskillige firkantede Blikkasser ere anbragte saaledes, at deres Huulheder alle vende mod samme Side. Paa Axen af den överste Valtse er en Svingel C anbragt. Fig. 2.

Sætter man Instrumentets nederste Deel i Vand, og dreier Svingelen rundt, da vil hver Kasse, idet den gaaer igjennem Vandet under den nederste Valtse, fylde sig med Vand, og före dette op over den överste Valtse, hvor den igjen udgyder det.

TREDIE INSTRUMENT.

Overeensstemmende hermed er Indretningen af et saakaldet *Paternosterværk*, som forestilles Pl. 22, Fig. 3. Over Valtserne A og B gaaer her en sammenhængende Kjede af Metaltraade, hvis Led ere forbundne med nogle Trækugler, der alle have samme Störrelse, og passe i et Blikrör A′B′, fra hvilket udgaaer en Tud D. Axen af den överste Valtse er forsynet med en Svingel C. Naar dette Instrument anvendes i det Store, bruges til Kuglerne almindeligviis Læder udstoppet med Haar, fordi Træet forandrer sit Volumen efter Fugtighedsgraden, og altsaa ikke altid passer lige godt i Röret. Fig. 3.

Sætter man Instrumentets nederste Valtse i Vand, og dreier Svingelen rundt, da hæver hver

Plade XXII. Trækugle en Masse Vand, som den skyder foran sig op igjennem Röret AB indtil Tuden D, hvorigjennem det saaledes oplöftede Vand löber ud.

Af den almindelige Naturlov, som i det Foregaaende allerede eengang er ved en anden Leilighed blevet anfört, at nemlig Störrelsen af enhver Bevægelse bestemmes ved Produktet af den bevægede Masse multipliceret med Hastigheden, följer den vigtige hydrostatiske Lov, at ethvert flydende Legeme staaer lige höit i to med hinanden forbundne Rör eller Kar, hvad enten disse have samme eller forskjellig Vidde, og under hvad Heldning mod Horizonten de end ere stillede.

Thi antages de forbundne Rör eller Kar at være af samme Vidde, da maatte et flydende Legeme, som ikke beholdt samme Höide i dem begge, naturligviis stige i det ene ligesaameget som det i samme Tid faldt i det andet; men i dette Tilfælde bleve saavel de bevægede Masser, som deres Hastigheder ligestore, og da derhos Bevægelserne skete i modsat Retning, saa vilde den ene hæve den anden, og det flydende Legeme nödes til at staae lige höit i begge Rör.

Vare derimod de forbundne Rör af ulige Vidde, saa at det ene f. Ex. havde 2, 3 eller 4 Gange saa stor Gjennemsnitsflade som det andet, da kunde det flydende Legeme ikke stige eller falde een Tomme i det videre Rör, uden i samme Tid at falde eller stige 2, 3, eller 4 Tommer i det snævrere Rör; ved de modsatte Bevægelser blev altsaa ligesom för Produkterne af Masser og Hastigheder ligestore, og den ene Bevægelse maatte tilintetgjöre den anden.

Rigtigheden af denne Sætning stadfæster Erfaringen altid fuldkommen, hvilket sees af Forsög med följende Instrument.

FJERDE INSTRUMENT.

Fig. 4. AB (Pl. 22, Fig. 4) er en Fod, som bærer et Glaskar CD, hvilket staaer i Forbindelse med Röret EFG. I G kan Glasröret GH, eller et af de andre Rör, Fig. 5, 6, 7 eller 8, indsættes. Paa Röret EFG er en Hane K anbragt, som tjener til vexelviis at aabne, eller at hindre Forbindelsen mellem Karret CD og Röret GH. Gydes Vand i Glasset CD, og stilles Hanen K saaledes, at den tilsteder Forbindelse mellem Karret og Röret, da vil Vandet bevæge sig igjennem Kanalen EFG og stige op i Röret GH saalænge, indtil det i dette Rör staaer ligesaa höit som i Glasset.

Fig. 5. Borttages Röret GH, og anbringes i dets Sted det Instrument, som forestilles Pl. 22, Fig. 5, og som bestaaer af fire smalle og eet videre Rör, der alle ere forbundne nedentil, da vil det samme Phænomen vise sig, saavel med Hensyn til Vandets Höide i disse 5 Rör indbyrdes, som i Karret CD.

Fig. 6 og 7. Det samme gjælder ligeledes, om man istedetfor GH anbringer et af de böiede Rör Fig. 6 og 7.

Det indsees ogsaa af den nys fremsatte Lov, at Vandet vil, naar to Rör eller Kar af ulige Höide ere forbundne, flyde ovenud af det lavere, dersom dettes Munding staaer lavere end Overfladen af Vandet i det andet Rör; og er derhos denne Munding paa det lavere Rör nogenlunde snever, da vil Vandet ifölge Trykket af den höiere Vandcolonne springe ud med en saadan Hurtighed, at det danner en Straale, der vilde naae samme Höide som Overfladen af Vandet i det andet Rör, hvis ikke Frictionen og Luftens Modstand forhindrede det.

Herpaa grunde sig saavel de naturlige som kunstige Springvand, og Sagens Rigtighed vises,

Fig. 8. naar man paa Instrumentet Fig. 4 anbringer istedetfor Röret GH det böiede Rör Fig. 8.

Heraf indsees nu fremdeles, at dersom Mundingen paa det lavere af de to forbundne Rör

eller Kar tilstoppes, eller tildækkes med et Laag, saa at Vandet ikke kan flyde ud af samme, da ophörer dog ikke Vandets Stræben i det lavere Rör efter at naae samme Höide, som i det dermed forbundne höiere, og Vandet i det lavere Kar vil desaarsag yttre imod det Laag, der hindrer dets Udflyden, et Tryk, som holder Ligevægt mod Trykket af en Vandcolonne, der kunde tænkes istedetfor Laaget over det lavere Rör eller Kar, hvilken Vandcolonnes Grundflade da blev Laagets Flade, og dens Höide liig Höiden af Vandcolonnen over Laaget i det andet dermed forbundne Rör. Er derfor det ene Rör höit og smalt, det andet lavt og vidt, da vil en lille Masse Vand, som heldes i det smalle Rör, udöve et betydeligt Tryk mod Laaget i det lavere Kar; dersom nu dette Laag er bevægeligt, og behænges med Vægte, hvis Tryk dog ikke maa overgaae Trykket af den Vandcolonne, som istedetfor Laaget kunde tænkes at staae over det lavere Kar til samme Höide som Vandet i det smalle Rör, da vil Laaget sees at skydes i Veiret formedelst Trykket af den lille Masse Vand, som heldes i det smalle Rör. Dette sees ved följende Instrument. Plade XXII.

FEMTE INSTRUMENT.

ABC (Pl. 22, Fig. 9) er et höit, smalt og nedentil böiet Rör, som gaaer ind i en Blikdaase **CD**, over hvis Munding bindes en Blære, og hvorpaa lægges en Vægt **E**. Fig. 9.

Helder man Vand i det smalle Rör **AB**, saa trænger dette ind i Daasen **CD**, og udspænder Blæren med saadan Kraft, at den bliver istand til at löfte Loddet **E**, som endog kan være af flere Punds Vægt.

Ogsaa med Hensyn til Retningen af det Tryk, som Legemerne yttre, adskille de flydende Legemer sig fra de faste; thi disse trykke stedse kun efter Tyngdens Retning, d. e. lodret nedad, hine derimod trykke desuden til Siderne og opad. At de flydende Legemer virkelig trykke i alle disse forskjellige Retninger, bliver indlysende af Forsög med följende Instrumenter.

§ 29.

Instrumenter, som vise en Vædskes Tryk i forskjellige Retninger.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 22, Fig 10) er en Flaske, som paa Siden har en snever Aabning ved **C**. Fylder man Flasken med Vand, da vil Vandet löbe ud igjennem Sideaabningen, hvorved saaledes godtgjöres, at Vandet udöver et Sidetryk. Fig. 10.

ANDET INSTRUMENT.

AB (Pl. 22, Fig. 11) er et Glas, som indtil Höiden **EF** fyldes med Vand. **CD** er et i begge Ender aabent Rör af Glas, som foroven er forsynet med en Messingindfatning og en Stang af den Længde, at Röret **CD** derved kan hvile paa Randen af Glasset **AB**. **D** (Fig. 12) er en glatslebet Messingplade af den Störrelse, at den gaaer noget ud over den glatslebne Rand af Röret **CD**; den er forsynet med en lille Krog, i hvilken bindes en Silkesnor. Fig. 11.

Plade XXII. Ved Hjælp af Silkesnoren holder man Metalpladen D fast imod den nederste Ende af Glasröret CD, og hænger Röret over Randen af Glasset AB. Slipper man derpaa Snoren, da vil Metalpladen, formedelst Vandets Tryk nedenfra opad, holdes fast imod den underste Rand af Röret CD, istedetfor ifölge Tyngden at falde ned imod Bunden af Glaskarret AB. Saaledes viser dette Instrument, som i Almindelighed kaldes *Boyles Ventil*, Vandets Tryk opad.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 13. AB (Pl. 22, Fig. 13) er et Glaskar, som indtil Höiden CD er fyldt med Vand; EFGH er et böiet Glasrör, hvis ene Ende bringes ned under Vandfladen, saaledes som Figuren viser. Man vil da see, at Vandet trænger först ned i den Deel af Röret, som er betegnet med EF, dernæst ind i FG, og endelig saa höit op i GH, at det naaer samme Höide som i Karret udenfor. Saaledes yttrer Vandet her ikke blot et Tryk nedad i EF, men desuden et Sidetryk i FG, og ét Tryk opad i GH.

Anvendelse af Vandets Tryk opad sees ved följende Maskine.

FJERDE INSTRUMENT.

Plade XXIII. AB (Pl. 23, Fig. 1) er et Glas, som indtil Höiden CD er fyldt med Vand. EF er en Spand, i hvis Bund er ved G anbragt en Klapventil, der aabner sig nedenfra opad.

Fig. 1. Lader man Spanden EF synke noget ned under Vandfladen CD i Glasset AB, da vil Vandet trykke Ventilen G opad, og trænge ind i Spanden, til samme Höide som udenfor Spanden. Löfter man derpaa Spanden op igjen, da vil det i samme opstegne Vand blive deri, da det nu ved sit Tryk nedad lukker Ventilen.

Hvorledes dette kan benyttes til at hæve Vandet op af en Brönd, uden at kaste Spanden om, er af sig selv indlysende.

Vandets Sidetryk kan anvendes til forskjellige mekaniske Indretninger. En saadan Anvendelse sees ved följende Instrument, (*Segner's* hydrauliske Maskine).

FEMTE INSTRUMENT.

Plade XXII. Fig. 14. ABCD (Pl. 22, Fig. 14) er en fiirkantet Træramme, hvis verticale Stykker AD og BC ere omtrent paa Midten forenede ved et horizontalt Tverstykke EF. KL er et sexsidigt prismatisk Blikkar, der foroven ved K er lukket med en Bund, omkring hvilken gaaer en ophöiet Rand. Dette Kar er forsynet med en Axe, paa hvis överste Deel befinder sig et Drev P, der griber ind i Hjulet Q, og derved löfter Vægten S. Paa hver af det prismatiske Kars Sider er fastgjort en trekantet flad Blikkasse, som N og M, hvis brede Deel er aaben og gaaer gjennem Prismets överste Bund. Den spidsere Deel forneden er lukket, hvorimod der tæt ved Enden er anbragt paa den skjæve Side af hver Kasse en liden Aabning. O er et Kar, der omgiver den nederste Deel af Karret KL, og er forsynet med en Aflöbsrende. GH er et cylindrisk Blikkar, der er fastgjort paa Tverstykket EF. Dets Bund er gjennemboret med en Deel Huller, og paa Midten af Bunden staaer et i begge Ender aabent Rör, hvorigjennem Axen af det prismatiske Kar gaaer, og hvori den kan frit bevæge sig.

Helder man nu Vand i Karret GH, da löber dette gjennem Hullerne i Bunden af dette Kar

ned i den överste flade Huulhed af det prismatiske Kar KL, hvorfra det atter löber ned i Kasserne M, N o. s. v. og ud af de tæt ved Bunden paa den skjæve Side af disse Kasser værende Huller, og tilsidst optages af Kassen O. Men idet Vandet saaledes flyder ud af Hullerne paa de flade Kassers skjæve Sider, men hindres fra et lignende Udlöb paa de lodrette Sider, saa udöver det mod sidstnævnte Sider et Tryk, hvorved det sætter den prismatiske Blikkasse KL i en omdreiende Bevægelse, ved hvilken N föres henimod M o. s. v. Ved denne Bevægelse griber Drevet P, som sidder paa den omsvingende Kasses Axe, ind i Tænderne af Kamhjulet Q; og idet dette Hjul dreies, vikles Snoren, der bærer Lasten S, op paa Bommen R, hvorved Lasten hæves. Plade XXIII.

Trykkes et Legeme i alle Retninger, saa ophæve de modsatte ligestore Tryk hinanden, og af denne Grund beskyttes Fosteret i Moders Liv mod enhver Virkning af Tryk uden fra, ved det Vand, med hvilket det er omgivet. Dette bliver indlysende ved följende Instrument.

SJETTE INSTRUMENT.

ABCD (Pl. 23, Fig. 2) er en Kasse, i hvilken ligger en Blære E, som er fyldt med Vand, hvori et Æg svömmer. Over Blæren ligger et i Kassen passende bevægeligt Laag FGH, paa hvis Midte, ligeover Blæren, er anbragt et opstaaende Stykke I, hvorpaa Vægte lægges. Lægger man saaledes paa I Vægte, endogsaa af betydelig Störrelse, som 100 Pund og derover, kun at de ikke formaae at sönderrive Blærens Fibrer, da vil dog det i Blæren værende Æg altid findes ubeskadiget, fordi Vandet trykker ligemeget derpaa efter alle Retninger. Fig. 2.

§ 30.

Instrumenter, som vise Forholdet imellem Trykkene af en Vædske.

Da Trykket af enhver Colonne Vand, eller anden Vædske mod det Legeme, hvorpaa den hviler, bestemmes ved Grundfladens Störrelse, og den trykkende Vandcolonnes Höide, saa maa, hvergang Grundfladens Störrelse bliver uforandret, men Höiden af den trykkende Vandcolonne forandres, Trykket være desto betydeligere, jo höiere den trykkende Vandcolonne er. Jo dybere altsaa et Legeme nedsænkes i Vand eller et andet Fluidum, desto betydeligere er det Tryk, som Legemet lider. Dette sees tydeligt ved Forsög med följende Instrument.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 22, Fig. 15) er et Glas, fyldt med Vand. CD er et Glasrör, til hvis nederste Ende er fastbundet en Blære E. Denne er fyldt med en farvet Vædske, der foruden Blæren opfylder en Deel af Röret CD. Plade XXII. Fig. 15.

Nedsænkes Blæren i Vand, da vil man bemærke, at den farvede Vædske stiger desto höiere i Glasröret CD, jo dybere Blæren nedsænkes i Vandet; hvoraf sees, at Blæren lider et stærkere Tryk paa Bunden af Glasset end ved Vandets Overflade.

Ligesom det er indlysende, at det Tryk, som Vand, eller en anden Vædske udöver mod Bunden

Plade XXII. af et Kar, maa ved ligestore Höider af Vandfladen afhænge af Störrelsen af Karrets Grundflade, saaledes er det ogsaa klart, at dette samme Tryk maa ved ligestore Grundflader men forskjellige Höider afhænge af disse sidste. Rigtigheden af denne Sætning bliver indlysende ved Forsög med följgende Instrument.

ANDET INSTRUMENT.

Plade XXIII. Fig. 3. AB (Pl. 23, Fig. 3) er en Vægtstang, som hviler paa Foden CD. Ved dennes ene Arm hænger en Skaal G, og ved den anden et Glaskar EF. KL er et Stativ, paa hvilket man ved Skruen M kan paa et hvilketsomhelst Sted fastskrue en Stang I, som bærer et lidet Kar H.

Man hælder Glaskarret EF halv fuldt af en eller anden Vædske, f. Ex. Vand, og tilveiebringer Ligevægten ved at lægge paa Skaalen G den fornödne Modvægt V. Man stiller derpaa Stangen I saaledes, at en Deel af Karret H hænger ned i Vandet. Den saaledes nedhængende Deel uddriver altsaa en Deel af Vandet af det Rum det för indtog; dette saaledes fortrængte Vand undviger da til Siderne, hvorved Sidecolonnerne blive saameget höiere, og udöve et saameget betydeligere Tryk mod Karrets Bund. Dette forögede Tryk viser sig derved, at Ligevægten ophæves, og mere Vægt maa lægges paa Skaalen G for at vedligeholde samme. At det imidlertid ikke er Vægten af Karret H, som bevirker den nysnævnte Ophævelse af Ligevægten, derom overtydes man lettelig, naar man lader Alting blive som ved dette anförte Forsög, og fylder Karret H med en eller anden Materie af betydelig Vægt, f. Ex. Blyhagl; man vil da see, at den samme Vægt paa Skaalen G ikke destomindre er tilstrækkelig til at vedligeholde Ligevægten.

Da saaledes Trykket af Vand eller en anden Vædske mod Bunden af et Kar ved ligestore Höider over Grundfladen forholder sig som Grundfladens Störrelse, og for ligestore Grundflader som Höiderne over Grundfladerne, saa indsees det at Trykket i Almindelighed maa staae i sammensat Forhold af Grundfladen og Vædskens Höide over samme, og at följelig Trykket altid maa blive det samme, naar kun Grundfladen og Vædskens Höide over denne bliver uforandret, hvor forskjellig iövrigt Karrets Form ved forskjellige Forsög monne være. Til at gjöre denne Sætning anskuelig tjener följgende Instrument, som efter Opfinderen förer Navn af de *pascalske Vaser*.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 4 AB (Pl. 23, Fig. 4) er et fiirkantet Fodstykke, som ved fire Skruer kan stilles fuldkommen horizontalt. Lodret paa dette er opreist en Stander CD, som bærer en Vægtstang EF, hvis Ender ere Cirkelbuer, der ere beskrevne fra Vægtstangens Hvilepunkt D som Centrum.

I Yderkanten af disse Cirkelbuer er indskaaren Furer, i hvilke de Snore ligge, som bære de ophængte Vægte; hvoraf följer, at disse Vægte under enhver Stilling af Vægtstangen virke lodret paa Vægtstangsarmens hele Længde. Ved E hænger Vægtskaalen G; lodret under F stilles et andet Fodstykke HI, der ligesom det forrige kan ved Skruer stilles horizontalt. Paa dette Fodstykke er opreist fire lige höie Stötter, der bære en med HI parallel fiirkantet Plade KL. Imellem KL og HI er anbragt en nöiagtig udslebet Glascylinder MN, hvis överste Aabning er indfattet i Messing, og indskruet i Stykket KL, og hvis nederste Aabning er lukket med en Messingplade eller Bund med et Hul i Midten. I denne Cylinder MN glider et nöie sluttende Stempel, der bestaaer af flere tæt sammen-

trykte, og med Olie gjennemtrukne Skiver af Læder, der oven- og nedentil sammenholdes af to med en Skrue forbundne Robberplader, hvis Störrelse er lidet mindre end Læderskivernes. Dette Stempel bæres af en Metalstang ab, som heftes til en fra F nedhængende Snor. Paa denne Metalstang glider en lille Ring af Elfenbeen eller Silke, som bliver staaende paa ethvert Sted af Stangen efter Behag. Paa Cylinderens överste Rand kunne tre forskjellige, i begge Ender aabne Glaskar fastskrues. Alle disse Kar have nedentil samme Gjennemsnit som Cylinderen MN, men ere iövrigt af aldeles forskjellig Figur og Rumfang, saaledes, at OP (Fig. 4) er cylinderformigt, QR (Fig. 5) har Form af en omvendt afkortet Kegle og ST (Fig. 6) bestaaer for störste Delen af et smalt Rör, der kun oventil ved U har en noget större Vidde, for at man desto lettere kan helde det til Forsögene fornödne Vand deri. Plade XXIII.

Man fastskruer Glasset OP over Cylinderen MN, og hæver Stemplet op mod den nederste Rand af OP. Nu lægger man noget mere Vægt i Skaalen G, end der behöves for at hindre Stemplet fra at synke ned mod Bunden af Cylinderen MN, og helder dernæst saa længe Vand i Glasset OP, indtil Stemplet begynder at synke. Man mærker nu paa Stangen ab, ved Hjelp af den omtalte Elfenbeensring, den Höide, som Vandcolonnen havde i det Öieblik, da Stemplet begyndte at glide. Borttages nu det cylindriske Glas, og fastskrues i dets Sted det kegleformige Glas QR (Fig. 5), da vil man see, ved at hælde Vand deri, at Stemplet MN vil ikke begynde at synke, förend Vandet i QR har naaet Mærket paa Stangen ab, uagtet at Massen af Vandet allerede længe för den Tid har langt overgaaet Massen af det Vand, som til det förste Forsög behövedes i Karret OP. Fig. 5.

Borttages atter Glasset QR, og fastskrues i dets Sted det smalle Glas ST (Fig. 6), da vil Stemplet i MN atter begynde at synke, saasnart Vandet, der heldes i Glasset ST, har naaet Mærket paa Stangen ab, eller med andre Ord, saasnart Vandcolonnen har samme Höide som i begge de foregaaende Forsög, uagtet at Massen af Vandet er nu mange Gange mindre end för. Da saaledes ved disse tre Forsög, de aldeles forskjellige Vandmasser med samme Höider over de samme Grundflader have udövet samme Tryk, saa indsees herved Rigtigheden af den ovenanförte almindelige Sætning, at Trykket af ethvert Fluidum mod Bunden af et Kar bestemmes blot ved denne Bunds Fladeindhold, og det flydende Legemes Höide over samme. Fig. 6.

Den samme Sætning godtgjöres ogsaa ved följende Instrument.

FJERDE INSTRUMENT.

ABCD (Pl. 23, Fig. 7) er en firkantet Kasse, i hvilken indsættes Messingstativet EFGH, der bærer Glascylinderen IK, hvis underste Aabning kun lukkes ved en mod Randen nöiagtig afsleben Messingplade eller Klap, og paa hvis överste Rand kan fastskrues de tre ved forrige Instrument beskrevne Glaskar: OP (Fig. 4), QR (Fig. 5) og ST (Fig. 6). Imellem to af Stötterne paa Stativet er opreist en lodret Stander LM, som bærer Vægtstangen NO, paa hvis ene Ende O hænger Skaalen P, og hvis anden Ende N tjener til neden fra at trykke Bundklappen fast mod Randen af Cylinderen IK, formedelst de Vægtlodder, som lægges i Skaalen P. Fig. 7.

Man indseer, at naar en Vægt lægges i Cylinderen IK, der er stor nok til at overvinde Virkningen af Vægten i P mod Bundklappen af IK, da maa denne synke eller aabne sig.

Skrues nu et af de ovenfor beskrevne Glaskar OP, QR eller ST paa Cylinderen IK, (Fig. 7),

Plade XXIII. og man ved Forsöget med et af dem bemærker den Höide, som Vandcolonnen maa have for at udöve dette Tryk, da vil man ved Forsögene med begge de andre Kar bemærke, at Vandcolonnerne nöiagtigen maae have samme Höide for at kunne udöve den samme Virkning, uagtet Vandmassernes Forskjellighed; og saaledes stadfæstes ved dette Instrument, ligesom ved det forrige, Rigtigheden af den anförte almindelige Sætning.

Trykket af et flydende Legeme mod ethvert Punkt paa Siden af det Kar, hvori det er indsluttet, er altid lig Trykket af en lodret Colonne af samme Fluidum, hvis Grundflade er hiint Punkt og hvis Höide er Punktets lodrette Afstand fra den horizontale Overflade. Tænkes nu Höiden af det flydende Legeme i et Kar inddeelt fra Overfladen indtil Karrets Bund i et Antal ligestore Dele, da maa Trykkene mod de tilsvarende Dele af Sidevæggen voxe ovenfra nedad i samme Forhold som Antallet af Delene, d. e. i en arithmetisk Progression; er Karret af cubisk Form, da vil Summen af alle Trykkene paa de enkelte Punkter af en Sidevæg være lig det halve af det Tryk, som Bunden lider, og följelig maa i et saadant Kar det Tryk, som alle fire Sider lide, være det doppelte af det Tryk som Bunden lider.

At den nysanförte Lov virkeligen finder Sted, nemlig, at Sidetrykket af en Vædske paa ligestore Dele af et Kars Sidevæg bestemmes ved Vædskens Höide over disse Dele, sees ved Forsög med följende Instrument.

FEMTE INSTRUMENT.

Fig. 8. **ABCDEF** (Pl. 23, Fig. 8) er en firkantet vandtæt Kasse, paa hvis ene Side **BCF** ere anbragte tre Tude med Haner, **G, H** og **I**, igjennem hvilke Vædsken, der befinder sig i Kassen, kan skaffes Udlöb. Til disse Tude, der ikke ligge i samme lodrette Linie, kunne tre Glasrör: g, h og i, der ere af forskjellig Længde, fastskrues. Da Instrumentet desuden er bestemt til at vise, at Tyngden i Forbindelse med et Sidetryk frembringer ved flydende Legemer den samme Bevægelse, som Tyngden i Forbindelse med et Stöd ved de faste, saa er til den Ende paa Siden **ABD** af
Fig. 9. Instrumentet anbragt en Aabning **K**, i hvilken kan fastskrues et böiet Rör **KLM** (Fig. 9), som ved en Hane paa **KL** efter Behag kan aabnes og lukkes, og som derhos kan dreies i forskjellige Stillinger, og derved aabne den i Kassen værende Vædske en Udvei efter forskjellige Retninger, hvilke bestemmes ved Hjælp af en omkring Aabningen anbragt inddeelt Halvcirkel.

Man fylder Kassen med Vand, og fastskruer de tre Rör g, h og i til Tudene **G, H** og **I**. Aabnes derpaa Hanerne, da vil Vandet i alle tre Rör sees at stige til samme Höide, altsaa virke Sidetrykkene igjennem de nederste Tude öiensynligen stærkere end Sidetrykkene gjennem de överste, idet nemlig hine drive Vandet igjennem et betydeligere Rum i de tilsvarende Rör, end disse.

Borttages Rörene, og lader man Vandet springe ud igjennem alle tre Tude, da bringer Sidetrykket i Forbindelse med Tyngden Vandet under sit Udspring til at beskrive halve Parabeler; men af de saaledes beskrevne tre Halvparabeler vil den, som udgaaer fra **G**, have den mindste, og den, som udgaaer fra **I**, den störste Brede, fordi det i Forbindelse med Tyngden virkende Sidetryk ved hiin er mindst, ved denne störst. Lader man Udlöbet vedblive, uden at helde nyt Vand i Kassen, da ville samtlige Parabeler efterhaanden blive smallere, og Vandet udlöbe med mindre Fart, eftersom Vandets Höide over Udlöbsstedet efterhaanden aftager. Maaler man derhos det igjennem hver

Tud i samme Tid udlöbne Vand, da ville de forskjellige Mængder findes at forholde sig som Qvadratrödderne af Vandets Höider over de tilhörende Tude. Plade XXIII.

Vil man endelig see Vandet ved sit Udlöb beskrive en heel Parabel, da giver man Röret KLM (Fig. 9) paa Aabningen K en Stilling opad, medens Vandet i Kassen endnu staaer höiere end dette Punkt. Det udspringende Vand vil da stræbe at naae samme Höide som Vandet i Kassen har, og beskrive en heel Parabel.

§ 31.

Instrumenter, som vise Legemernes Vægtfylde.

Naar to eller flere Vædsker, der have forskjellig Vægtfylde, og ere af den Beskaffenhed at de ikke indgaae nogen chemisk Forening med hinanden, hældes sammen i et Kar, da ville Delene af det vægtfuldere Fluidum stræbe at naae Karrets nederste Deel, og altsaa drive det mindre vægtfulde opad, og de sammenhældte Fluider komme saaledes ikke i Hvile, förend de i Karret indtage de forskjellige Steder, som tilkomme dem ifölge deres forskjellige Vægtfylder. Rigtigheden af denne Lov vises ved följende Instrumenter.

FÖRSTE INSTRUMENT.

AB (Pl. 23, Fig. 10) er et Glaskar, hvis to Dele A og B ere forbundne med hverandre ved et snevert Rör C af to til tre Liniers Gjennemsnit. Fig. 10

Man fylder Flasken A med röd Viin, og hælder derpaa Vand i Glasset B. Da nu Vandet er mere vægtfuldt end Vinen, saa vil hiint synke igjennem Röret C mod Flaskens Bund, hvorfra det forjager de lettere Viindele, og da formedelst Sneverheden af Röret C, Vandet ikke frembringer nogen synderlig Bevægelse i Vinen ved at synke ned i A, saa skeer der ingen Blanding, men Vandet vil efterhaanden synke ned i Flasken A, og Vinen stige op i Glasset B.

ANDET INSTRUMENT.

AB (Pl. 23, Fig. 11) er en lukket Flaske, hvori hældes fire ulige vægtfulde Fluider, som Qviksölv, Potaske-Oplösning, farvet Viinaand og Bjergolie. Fig. 11.

Ryster man Flasken, da seer man de fire Fluider at udgjöre en mörk blandet Masse; men lader man derpaa Flasken staae rolig, da adskille Delene sig igjen, saa at de flydende Legemer komme til at staae over hinanden ifölge deres Vægtfylde i den ovennævnte Orden, som C, D, E, F.

Naar ulige vægtfulde Fluida trykke paa hinanden i forbundne Rör, da ere de i Ligevægt, naar deres Höider forholde sig omvendt som deres Vægtfylder. Dette vises ved följende Instrument.

Plade XXIII.

TREDIE INSTRUMENT.

Fig. 12. AB (Pl. 23, Fig. 12) er et Bret, hvortil er fæstet et böiet og overalt lige vidt Glasrör CDE saaledes, at der mellem begge Glasrörets Arme befinder sig en i Tommer og mindre Afdelinger inddeelt Scala.

Det er bekjendt ved Forsög, at Qviksölvets Vægtfylde er omtrent $13\frac{2}{3}$ Gange saa stor som Vandets, eller, at en Kubikfod Qviksölv veier omtrent $13\frac{2}{3}$ Gange saameget som en Kubikfod Vand. Helder man nu i det böiede Rör CDE saameget Qviksölv, at det i hver af Rörets lige vide Arme netop staaer til en halv Tommes Höide, og helder derpaa saalænge Vand i CD, indtil det staaer til en Höide af $13\frac{2}{3}$ Tommer, da vil man finde, at Qviksölvet indtager i den kortere Deel af Röret netop et Rum af een Tommes Höide. Begge disse Fluider ere nu i Ligevægt mod hinanden, og deres Höider forholde sig derved omvendt som deres Vægtfylde.

Paa det nysnævnte Princip for Ligevægten mellem ulige vægtfulde Fluida grunder sig Indretningen af *Pompeareometret*, et Instrument, som er bestemt til at vise Forholdet mellem Tæthederne af forskjellige flydende Legemer, eller deres Vægtfylde.

FJERDE INSTRUMENT.

Plade XXIV. Fig. 1. AB (Pl. 24, Fig. 1) er et Fodstykke, paa hvilket hviler et lodret staaende Bret CD. Til dette ere to ligestore Glasrör EF og GH fæstede, og oventil forenede ved et böiet Metalrör FIH. Dette staaer i Forbindelse med en lille Sugpompe af Metal IK, i hvilken glider et velsluttende Stempel, der bevæges ved Haandtaget L. De nederste aabne Ender af Glasrörene EF og GH staae i to ligestore Glaskar M og N, og imellem begge Glasrörene er anbragt en inddeelt Scala.

De Fluider, hvis relative Tætheder man vil undersöge, heldes i Karrene M og N, saa at de staae lige höit i Rörene EF og GH. Trækkes nu Stemplet op i Pomperöret IK, da maa Luften fortyndes ligemeget i de to ligestore forbundne Rör, og den udvendige Luft driver da de flydende Legemer op i Rörene til Höider, der forholde sig omvendt som deres Tætheder. Havde man til dette Forsög anvendt, ligesom ovenfor, Qviksölv og Vand, da vilde man have fundet, at Höiderne af disse Fluider i begge Rörene forholde sig til hinanden som 1 til $13\frac{2}{3}$.

Til at bestemme Legemernes Vægtfylde betjener man sig af et Instrument, der efter denne sin Bestemmelse förer Navn af *den hydrostatiske Vægt*.

FEMTE INSTRUMENT.

Fig. 2. Indretningen af dette Instrument er i det Væsentlige ikke forskjellig fra Indretningen af en sædvanlig god Vægtskaal. Paa et Fodstykke ABC (Pl. 24, Fig. 2), hvis Figur er en ligesidet Triangel, og som ved tre Skruer kan stilles fuldkommen horizontalt, ere opreiste tre ligehöie Stötter, som bære en anden mindre ligesidet Triangel DEF, paa hvis Midte er opreist Standeren GH. Fra Midtpunktet af Underfladen af Trianglen DEF hænger et Blylod, hvilket, naar Instrumentets Fod er stillet fuldkommen horizontalt, skal hænge lige over Midtpunktet af Trianglen ABC. Paa to fra Standeren GH udgaaende horizontale Tappe a og b kan Stykket IK, som bærer Vægtstangen, skydes op og

ned ved Hjælp af et ved dets ene Side paa Standeren GH anbragt fiint Drev c, som griber ind i de paa denne Side af IK indskaarne Tænder, ligesom Hagen d nedenfra griber ind i den anden Sides Tænder, og derved hindrer det opskudte Stykke IK fra at glide ned. Paa Axen ved M hviler en med megen Flid og Nöiagtighed forfærdiget Vægtstang LMN, fra hvis Endepunkter L og N i to ligelange Metaltraade hænge to Skaaler O og P, som nedentil ere forsynede med Kroge, til deri ved fine Traade eller Haar at ophænge de Legemer, hvis Vægtfylde ved dette Instrument skal undersöges. Endelig er paa IK anbragt et Tverstykke ST, som bærer Vægtstangen, naar denne ikke bruges. Plade XXIV.

Til dette Instrument er endnu som Tilbehör at regne Følgende:

Q og R (Pl. 24, Fig. 2) ere to store Glas, bestemte til at modtage de Vædsker, hvori man nedsænker de Legemer, hvis Vægtfylde skal undersöges. Fig. 3 og Fig. 4 forestille to Stötter, som bære allehaande Tilbehör, der anvendes ved Forsögene med den hydrostatiske Vægt. Ved Fig. 3 findes to ligestore og ligetunge Elfenbeenskugler, og desuden flere Kugler af forskjellige Metaller; hver af disse sidste veier ligesaameget som en af Elfenbeenskuglerne, men deres Störrelse er følgelig forskjellig. Fig. 4 bærer en Kobbercylinder A, som oventil har en lille Ring, hvorved den heftes til en Krog, som er under det hule cylindriske Futteral B, hvis indvendige Huulhed nöiagtigen svarer til Störrelsen af den solide Cylinder A. Oventil er B forsynet med en Hank og en Krog, hvorved den kan ophænges under en af den hydrostatiske Vægts Skaaler O eller P. C er en nöiagtig forfærdiget Metalterning, hvis Side er en Tomme lang, og som nöie passer i Huulheden af det tærningformede Futteral D. C har oventil en Ring, og D oventil en Hank med Krog, samt nedentil en Krog, ligesom B. Ligeledes er F (Pl. 24, Fig. 5) en Kegle af Metal eller Glas, som passer i Huulheden af et Futteral G af samme Materie, under hvilket F ophænges. Endelig er E (Fig. 4) en lille Kobberspand, som hænges under forskjellige andre Legemer, for at forandre deres Vægt ved Hjælp af nogle Blyhagl, som lægges i den. Fig. 3 og 4. Fig. 5.

Et fast Legeme, som bringes i et flydende, maa enten have samme, mindre eller större Vægtfylde end dette flydende Legeme. I det förste Tilfælde holder det faste Legeme Ligevægt med enhver Deel af det flydende Legeme, der har samme Störrelse som det faste, og desaarsag bliver det faste Legeme i Hvile paa et hvilketsomhelst Sted i det flydende. I det andet Tilfælde, naar det faste Legeme har mindre Vægtfylde end det flydende, flyder det förste ovenpaa det sidste. I det tredie Tilfælde, naar det faste Legeme har större Vægtfylde end det flydende, da synker det förste til Bunden af Karret som indeholder det flydende Legeme. I dette sidste Tilfælde er det derhos let at vise, at det faste Legeme ikkun synker formedelst Vægten af den Deel af dets Masse, med hvilken det overgaaer i Vægt en Deel af det flydende Legeme, som har samme Udstrækning og Figur som det faste Legeme selv; samt at derhos det faste Legeme, der bringes i et flydende, taber af den Vægt det har i Luften netop saameget, som den Deel af det flydende Legeme veier, hvis Plads det faste Legeme indtager. Denne Theorie godtgjöres ved følgende Forsög med den hydrostatiske Vægt.

Man ophænger under Skaalerne O og P (Fig. 2) de to ovennævnte ligestore Elfenbeenskugler (Fig. 3) hvilke holde hinanden Ligevægt i Luften. Stiller man den hydrostatiske Vægt saaledes, at en af Kuglerne nedsænkes i et af Glassene Q eller R med Vand i, (Fig. 2) da erholder

Plade XXIV. den anden Kugle en Overvægt, hvis Störrelse bestemmes, naar man paa den Skaal, hvorunder den i Vandet nedsænkede Kugle hænger, lægger saalænge Vægt, til Ligevægten er gjenoprettet. Endnu fuldkomnere indsees den nysnævnte Lovs Rigtighed ved följende Forsög. Man ophænger ved en af Vægtstangsarmene, f. Ex. under Skaalen P, det forhen beskrevne cylindriske Futteral B (Fig. 4) og atter under dette den dertil svarende Cylinder A, og frembringer Ligevægt ved den fornödne Modvægt paa Skaalen O. Nedsænker man derpaa Cylinderen A i Vand i Glasset R, da ophæves Ligevægten, og Skaalen O synker; men fylder man Futteralet B med Vand, da gjenoprettes Ligevægten. At lignende Forsög lade sig anstille med den solide Tærning C og den hule D, saavelsom med den solide Regle F og den hule G (Fig. 5) er af sig selv indlysende.

For at vise at Legemer af samme absolute Vægt, men ulige Volumen tabe ulige meget af deres Vægt i Vand eller et andet Fluidum, ophænger man en Elfenbeenskugle under O (Fig. 2) og en lige vægtig Metalkugle under P. Holde disse Ligevægt i Luften, og man stiller den hydrostatiske Vægt saaledes, at de begge hænge i Vand, da udjager den större Elfenbeenskugle en större Vandmasse af sit Sted, og taber följelig mere af sin absolute Vægt end den mindre Metalkugle, som desaarsag erholder Overvægt.

Bringes det samme Legeme i forskjellige Fluider, da udjager det ligestore Dele af disse Fluider fra deres Sted; men da de saaledes udjagede ligestore Dele ere ulige vægtfulde, saa maa ogsaa det Tab i absolut Vægt, som Legemet i disse forskjellige Fluider lider, være forskjelligt. Dette giver os et Middel i Hænde til at kjende de til Forsöget anvendte flydende Legemers Vægtfylde. Man anvender hertil den ovenfor beskrevne solide Terning C, (Fig. 4). Da denne Ternings Side netop er en Tomme lang, saa er dens Indhold en Kubiktomme; den udjager altsaa ved at nedsænkes i et hvilketsomhelst Fluidum en Kubiktomme af dette, og man finder altsaa, ved at bemærke Terningens Tab af absolut Vægt i det flydende Legeme, Vægten af en Kubiktomme af dette.

Ved de faste Legemer, som have större Vægtfylde end de Fluider, i hvilke de nedsænkes, bemærkes, at det flydende Legeme, i hvilket det faste nedsænkes, netop tiltager ligesaameget i Vægt, som det faste taber, hvilket sees ved följende Instrument.

SJETTE INSTRUMENT.

Fig. 6. **AB** og **CD** (Pl. 24, Fig. 6) ere to Stativer, som bære de to nöiagtige og let bevægelige Vægtstange **EF** og **GH**. Fra Vægtstangsarmen F hænger et med Vand fyldt Glas IK, hvorimod der paa Skaalen M er lagt tilstrækkelig Modvægt. Fra Vægtstangsarmen G hænger en solid Terning L, som holdes i Ligevægt ved en passende Modvægt paa Skaalen N, og saaledes ere Vægtene EF og GH hver for sig i fuldkommen Ligevægt. Stiller man dem derimod saaledes, at Terningen L nedsænkes i Vandet i IK, da ophæves Ligevægten, idet Terningen taber af sin Vægt, og Vandet vinder; Skaalen M sees derfor at stige, og Skaalen N at synke. Man bringer derpaa Vægtstangen GH igjen i Ligevægt ved efterhaanden fra N at borttage de fornödne Vægtlodder, og nu gjenopretter man tillige Ligevægten for Vægtstangen EF, ved paa Skaalen M at lægge de Vægtlodder, man borttog fra N.

Er det faste Legeme, som nedsænkes i et Fluidum, mindre vægtfuldt end dette, da synker Plade
det saalænge, indtil dets nedsunkne Deel har udjaget saa stor en Deel af det flydende Legeme fra XXIV.
sin Plads, som hele det faste Legeme veier.

Dette sees ved Forsög med följgende Instrument.

SYVENDE INSRUMENT.

AB (Pl. 24, Fig. 7) er et Glas, som staaer i Forbindelse med et Rör CD, under hvilket Fig. 7.
er en Hane E, igjennem hvilken det Vand, som er i de forbundne Kar, kan udlades. F er en huul Kugle af tyndt forniseret Metal.

Man helder Vand i Glasset AB, indtil en vis Höide i begge de forbundne Kar, f. Ex. til a, hvilken Höide mærkes ved en Ring, som glider paa Röret CD. Derpaa lægger man den hule Metalkugle F paa Vandet i AB; denne udjager nu ved sin nedsænkede Deel en vis Mængde Vand, hvorved dette maa stige i Röret CD f. Ex. til a′. Derpaa udlader man igjennem Hanen E saameget af Vandet, at dette atter i Röret CD synker til a. Veies nu paa den hydrostatiske Vægt det saaledes udtappede Vand, da vil det findes netop at holde Ligevægt med den hule Metalkugle F.

Er et fast Legeme saaledes dannet, at dets absolute Vægt kan forandres, uden Forandring af dets Volumen, da forandres herved dette Legemes Vægtfylde, og er denne Forandring betydelig nok, da maa den yttre sig ved Legemets Forhold i et Fluidum, hvori det nedsænkes.

Dette sees paa en mærkelig Maade ved följgende dertil af *Cartesius* udtænkte Instrument.

OTTENDE INSTRUMENT.

AB (Pl. 24, Fig. 8) er et lukket Glas, som er fyldt med Vand, med lidet tilsat Viinaand. Fig. 8.
Heri svömmer en eller flere hule Glasfigurer F, der forneden have en liden Aabning; de före Navn af de cartesianske Djævle. Disse ere fyldte deels med Vand og deels med Luft, saa at de ere lidet mindre vægtfulde end Vandet. Glasset AB er oventil forsynet med en Messingindfatning CB, hvis indvendige Huulhed nöie udfyldes af en bevægelig Prop eller et Stempel, der bevæges op og ned ved en Skrue D.

Da Figuren F i sin oprindelige Tilstand er mindre vægtfuld end det Fluidum, hvori den befinder sig, saa svömmer den ovenpaa. Driver man Stemplet lidt dybere ned formedelst Skruen D, da trykker den paa Vandet i Glasset, der atter sammenpresser Luften i den hule Figur F, hvorved denne, formedelst det indtrængende Vand, bliver vægtfuldere og synker. Hæver man nu igjen Stemplet, da udvider sig atter den i Figurens Huulhed sammenpressede Luft, og uddriver det nysindtrængte Vand af Figuren; denne bliver herved igjen mindre vægtfuld end Vandet, og stiger derfor atter.

§ 31.

En særdeles heldig Anvendelse af det gjensidige Tryk, som finder Sted imellem ueensartede Fluida, naar disse ere i Beröring, sees ved *den wirziske Spiralpumpe*, en Maskine, som förer Navn

Plade XXVI. efter Opfinderen, en Kandestöber *Anders Wirtz* i Zürich, og som anvendes til at löfte Vand ved Hjælp af Luftens Tryk, til en större Höide, end det ved sædvanlige Pumper er muligt. En Model af denne Maskine forestilles paa Pl. 24, Fig. 9 efter den forbedrede Form, som *Dan. Bernoulli* dertil har angivet.

INSTRUMENT.

AB er en fiirkantet vandtæt Kasse, som indesluttes mellem to ligehöie Træstötter, der oventil ere forbundne ved Tverstykket CD. Lidet over Kassen AB ligger mellem de to verticale Træstötter en bevægelig Bom eller Axe EF, som kan dreies rundt ved en Svingel T. Fra Bommen EF udgaae til forskjellige Sider adskillige Stokke G, G, G, som bære et spiralformigt Glasrör, hvilket fra sin aabne Munding H af snoer sig i en Sneglelinie hen om Bommen EF indtil dennes Ende, hvor det dreier sig inden i Mundingen af et andet Rör, hvis Fortsættelse sees at gaae langs med EC op indtil I, hvorfra det böies hen til K, og endes ved L. Under Enden L er paa Tverstykket CD anbragt en Kasse M, forsynet med en Tud og Hane N, under hvilken er en Tragt O, som staaer i Forbindelse med et böiet Rör PQR, hvis Ende gaaer ned i Kassen AB. — Fylder man Kassen AB med Vand, og dreier derpaa Svingelen T rundt, da vil ved enhver saadan Omdreining Mundingen H af det spiralformige Rör indtage en Masse Vand, medens den bevæger sig under Bommen EF, og en Masse Luft, medens den bevæger sig over samme.

Disse Vand- og Luftmasser trykke efterhaanden hinanden igjennem det spiralformige Rör, op i Röret ECI, hvilket saaledes sees at fyldes med afvexlende Luft- og Vandcolonner. Fra EI trykkes nu disse Colonner videre igjennem IKL, hvorpaa Vandet strömmer ud i Kassen M, og derfra igjennem Röret OPQR ned igjen i Kassen AB, saa at Forsöget kan fortsættes saalænge man lyster. Blandt de flere Forsög i det store, som have været anstillede med denne Maskine, hævede man i Aaret 1779 i Florenz paa denne Maade 47½ Kander Vand til 100 Fods Höide i en Tid af 2 Minuter.

Indretningen og Brugen af Areometret grunder sig paa den forhen anförte Lov, ifölge hvilken et fast Legeme, som er mindre vægtfuldt end den Vædske, hvori det nedsænkes, synker saalænge, indtil dets nedsunkne Deel har fortrængt saa meget af det flydende Legeme, som det selv veier.

§ 32.

Plade XXV. Areometret er et Instrument, som tjener til at angive forskjellige flydende Legemers Vægtfylde. Da dette Instrument har en udbredt Anvendelse, saa have flere Naturkyndige efterhaanden foreslaaet forskjellige Modificationer ved dets Indretning. Dets ældste Form forestilles Pl. 25, Fig. 1.

FÖRSTE INSTRUMENT.

Fig. 1. AB er et i ligestore Dele eller Grader inddeelt Rör, som nedentil er forbundet med en huul Kugle C. Under denne er endnu anbragt en anden mindre D, der tildeels fyldes med Qviksölv

eller Hagl, for at bringe hele Instrumentets Tyngdepunkt saa dybt ned som mueligt, hvorved bevirkes, at Instrumentet, hvis Vægtfylde i ethvert Tilfælde maa være mindre end Vægtfylden af det Fluidum, hvori det nedsænkes, dog altid beholder en vertical Stilling. Plade XXV.

Man bringer först Instrumentet i destilleret Vand, og mærker, som Scalens Nulpunkt, det Sted paa Röret AB, som berörres af Vandets Overflade. Bringer man det derpaa i en anden Vædske, hvis Vægtfylde er enten större eller mindre end Vandets, da vil denne Forskjellighed vise sig derved, at Instrumentets Nulpunkt enten bliver oven over, eller synker ned under den brugte Vædskes Overflade.

Endskjöndt man altsaa ved dette Instrument altid kan bestemme, hvilket af flere Fluida der er det meest vægtfulde, saa er det dog aabenbart, at der mellem deres Vægtfylder ikke herved lader sig noget bestemt Forhold angive, eftersom Instrumentets Gradeinddeling er aldeles vilkaarlig. Man giver derfor med Rette det följgende eller *fahrenheitske* Fortrinnet.

ANDET INSTRUMENT.

A (Pl. 25, Fig. 2) er en stor huul Glaskugle, der oventil er forbundet med et fiint Rör BC, som bærer en Skaal D. Under A er anbragt en anden Kugle E, som fyldes med Qviksölv til samme Hensigt, som ved det forrige Instrument blev angivet. Paa Stilken BC er anbragt et lidet Mærke. Fig. 2.

Förend Instrumentet kan bruges, maa man nöie kjende dets Vægt og ved gjentagne Forsög have forvisset sig om, hvormegen Vægt der maa lægges i Skaalen D, for at Mærket paa BC nöiagtigen berörer Overfladen af destilleret Vand, naar Instrumentet bringes deri.

Man indseer nu let, at naar Instrumentet bringes i Vædsker, som ere mindre vægtfulde end Vandet, da udfordres mindre Paalægsvægt i Skaalen D, for at Mærket paa Stilken CB kan beröre Overfladen af Vædsken, og omvendt, at der udfordres större Paalægsvægt i Vædsker, som ere mere vægtfulde end Vandet, siden den uddrevne Masse af det flydende Legeme i det förste Tilfælde veier mindre, i sidste Tilfælde mere end det destillerede Vand. Er f. Ex. Instrumentet forfærdiget saaledes, at det netop veier 700 Gran, og at der udfordres 300 Gran som Paalægsvægt i Skaalen D, for at Mærket paa BC, naar Instrumentet bringes i destilleret Vand, kan beröre Overfladen deraf, da kan man strax udtrykke Vægtfylden af de Vædsker, som skulle undersöges, i Tusendedele, uden videre Beregning. Bringes Instrumentet nemlig i en lettere Vædske f. Ex. i Viinaand, og der kun behöves 100 Gran i Skaalen D for at Mærket paa BC berörer Overfladen deraf, da forholder dens Vægtfylde sig til Vandets som 800 til 1000, og kan altsaa udtrykes ved $\frac{8}{10}$. Er derimod den Vædske, som skal undersöges, tungere end Vandet, og der behöves f. Ex. 500 Gran Paalægsvægt i Skaalen D, förend Mærket paa BC berörer Overfladen, da forholder dens Vægtfylde sig til Vandets, som 1200 til 1000, og kan derfor udtrykkes ved $1\frac{1}{5}$.

Til Undersögelsen saavel af flydende som faste Legemers Vægtfylde tjener följgende af *Nicholson* angivne Instrument.

Plade XXV.

TREDIE INSTRUMENT.

AB (Pl. 25, Fig. 4) er en huul Cylinder, som oventil er forbundet med et fiint Rör AC, der bærer en Skaal D og har et Mærke ved F. Til den underste Deel af Cylinderen er Skaalen E befæstet, der har Form af en omvendt Regle. Hele Instrumentet maa være mindre vægtfuldt end Vandet eller det Fluidum, hvori det nedsænkes.

Man bringer Instrumentet i Vand, og bemærker hvormegen Vægt der maa lægges paa Skaalen D for at Vandfladen netop berörer Mærket F paa AC. Naar man dernæst borttager denne Vægt og lægger et fast Legeme af en hvilkensomhelst Form paa Skaalen D, samt tilföier saa megen Vægt som behöves for at faae Instrumentet til at synke til det samme Mærke som för, da erfarer man derved hvormeget det paalagte Legeme veier i Luften. Sæt f. Ex. at man först havde fundet, at Instrumnntet blev nedsænket indtil det omtalte Mærke ved en Vægt af 400 Gran, og at et fast Legeme f. Ex. et Stykke Kalkspath, lagt paa D, derimod kuns behövede 150 Gran til for at nedsænke Instrumentet til samme Mærke, saa er Vægten af dette Stykke Kalkspath i Luften 400 — 150 = 250 Gran. Man lægger derpaa det samme Stykke Kalkspath ned i Skaalen E, og finder man nu, at der foruden de forrige 150 Gran endnu behöves en Tillægsvægt af f. Ex. 92 Gran paa D, for igjen at bringe Instrumentet ned til det forrige faste Mærke, da er det aabenbart, at en Masse Vand af samme Volumen som det Stykke Kalkspath, der bortflyttede Vandmassen, veier 92 Gran, og at följelig Kalkspathens Vægtfylde forholder sig til Vandets som 250 til 92.

FJERDE INSTRUMENT.

Say's Areometer tjener til at finde et givet Legems Volumen ved Hjælp af den Luftmasse, som det forjager af sit Sted, hvoraf da let Legemets Vægtfylde atter lader sig beregne.

Fig. 5. Instrumentet bestaaer af et Bæger A (Pl. 25, Fig. 5), i hvis Bund er indsat et vel kalibreret fiint Glasrör B, der er forsynet med to Scalaer, inddeelte fra C til E, den ene i ligestore Dele, den anden efter ligestore Volumina af Röret f. Ex. i Kubiklinier og mindre Dele; disse maae være fundne ved Forsög, da det er yderst vanskeligt at faae et overalt fuldkommen lige vidt Rör. F er en lille Skaal, hvori det Legeme lægges, hvis Volumen man vil finde, og som indsættes i Bægeret A. Dette Bægers överste Rand er afslebet, saa at det kan lukkes lufttæt ved Pladen G.

Fig. 6. H (Fig. 6) er et Stativ, der i Midten har et Hul, under hvilket staaer et Kar I, fyldt med Qviksölv, hvori Röret B ved Brugen nedsænkes. Bægeret A har derfor to Hanke, hvori bindes en Snor, der gaaer op over en Tridse K (Fig. 6) for derved at löfte eller sænke Instrumentet efter Behag.

Man sætter Skaalen F i Bægeret A, og nedsænker Instrumentet i Qviksölvet indtil Mærket C, saaledes som det forestilles Fig. 5; Qviksölvet vil da stige op i Röret B til Höiden C. Derpaa lukker man Bægeret med Pladen G, og löfter Instrumentet saa höit op, at Qviksölvet staaer ved E, hvilken Stilling ligeledes er afbildet Fig. 5. Qviksölvet inden i Röret vil da, paa Grund af Luftens Fortyndning, ikke synke heelt ned til E, men kun f. Ex. til D. Altsaa udöver Luften inden i Instrumentet et Tryk, der er ligt den stedfindende Barometerhöide, mindre end DE, hvis Længde man læser paa den i lige Dele inddeelte Scala, istedetfor at Luften inden i Röret ved den förste

Stilling af Instrumentet udövede et Tryk paa Qviksölvet ligt den hele stedfindende Barometerhöide. Plade XXV.

Paa den anden Scala læser man nu Kubikindholdet af Röret fra C til D, og af dette, tilligemed de to stedfindende Lufttryk, findes ved Beregning Kubikindholdet af Bægeret A og Röret indtil C, naar man nemlig multiplicerer Kubikindholdet af Röret fra C til D med Differentsen mellem Lufttrykkene, og dividerer dette Produkt med det indeni Röret stedfindende Lufttryk.

Lægger man nu det Legeme, hvis Vægtfylde skal undersöges, i Skaalen F, og forfarer aldeles som forhen, da erholder man Kubikindholdet af det nu med Luft opfyldte Rum af Bægeret A og Röret indtil C. Trækkes dette sidste Resultat fra det förste, da haves Volumen af det indlagte Legeme; naar man da tillige kjender dettes Vægt, da lader dets Vægtfylde sig deraf let beregne.*)

En Anvendelse af Areometrene ere de saakaldte Brændeviinsprövere, hvoraf her anföres den af Justitsraad *Müller* angivne.

FEMTE INSTRUMENT.

A (Pl. 25. Fig 7) er en huul Kugle af Sölv, som oventil er forbunden med et Rör BC af samme Metal, paa hvis 4 Sider ere afsatte Grader fra 1 til 100, hvilke ere bestemte ved nöiagtig anstillede Forsög med Brændevine af forskjellig Styrke. Paa den förste Side gaaer Inddelingen fra 1 til 8, paa den anden fra 9 til 18, paa den tredie fra 19 til 50, og paa den fjerde fra 50 til 100. Under Kuglen A er anbragt et andet Rör DE, hvortil efterhaanden fastskrues fire forskjellige Vægte 1, 2, 3, 4, som svare til de fire Sider af Röret BC, saaledes at den förste Vægt, № 1, hörer til Rörets Side 1, og den mindste Vægt № 4 til Rörets Side 4. Fig. 7.

Man skruer Vægten № 1 fast til Röret DE, og bringer Instrumentet i den Spiritus, hvis Styrke skal pröves. Svömmer nu Instrumentet heri, da angiver den förste Side af Röret BC Brændevinets Styrkegrad; synker derimod Instrumentet, da borttager man Vægten № 1, og fastskruer i dens Sted № 2, hvortil da svarer Inddelingen paa Rörets anden Side. Synker ogsaa Instrumentet ved denne Vægt, da anbringes den endnu mindre Vægt № 3 o. s. f. Saaledes angives den mindre eller större Mængde Spiritus, som Brændevinet indeholder, i Forhold til den större eller mindre Vægt, som maa fastskrues til E, og det Tal paa den Side, der svarer til den brugte Vægt, til hvilket Pröveren synker.

Ligesom det ved Forsög med Areometerne er viist at være en almindelig Lov for alle draa-

---

*) Sætter man nemlig Lufttrykket indeni Röret = b og Lufttrykket udenfor = h; fremdeles Kubikindholdet af Röret fra C til D = a og Kubikindholdet af Bægeret A og Röret indtil C, der er den Störrelse der söges, = x; da kan man slutte ifölge den mariottiske Lov, at Kubikindholdene af en sammentrykket Luftmasse forholde sig omvendt som de trykkende Kræfter,

$$x : (x + a) = (h - b) : h,$$

hvor man altsaa finder

$$x = \frac{a\,(h - b)}{b} =$$ Kubikindholdet af Bægeret A og den överste Deel af Röret indtil C.

Plade XXV. beflydende Legemer, at de faste Legemer, som nedsænkes deri, tabe desto mere af deres absolute Vægt, jo mere vægtfuldt det flydende Legeme er, saa maa ogsaa i Særdeleshed denne Lov være gjældende for Luften, saaledes at Legemer veie desto mindre i Luften, jo tættere denne er. Herpaa grunder sig *Manometret*, et Instrument, hvis Bestemmelse er at angive Forandringerne i Luftens Tæthed, og hvis væsentlige Indretning allerede *Otto Guericke* har angivet.

SJETTE INSTRUMENT.

Fig. 8. Pl. 25, Fig. 8 forestiller et saadant Manometer, hvor AB er et Fodstykke, der ved tre Skruer kan stilles fuldkommen horizontalt. Paa dets ene Ende ere opreiste to ligehöie lodrette Standere CD og EF, der ere forbundne ved et Tverstykke DF, som ved G bærer den uligearmede Vægtstang HI, ved hvis korte Arm i H er ophængt en stor huul, tynd og lufttæt Blikkugle K, og paa hvis lange Arm GI glider et bevægeligt Lod L. Paa Fodstykkets anden Ende ved B er opreist en lodret Stander MN, som bærer en verticalt stillet og i ligestore Dele eller Grader inddeelt Cirkelbue OP, der er beskrevet fra Centret G. Endelig hænger i O et Blylod, hvorved Instrumentets horizontale Stilling pröves.

Ved en antagen Middeltæthed af Luften bestemmer man det Punkt paa Vægtstangens lange Arm GI, hvor det bevægelige Lod L bör hænge, for at Vægtstangsarmens Endepunkt I skal kunne pege lige paa Nulpunktet af den inddeelte Cirkelbue OP. Bliver nu Luften tættere, da taber Kuglen K af sin forrige Vægt i Luften, hvoraf fölger, at Spidsen I synker ned under Nulpunktet; bliver derimod Luftens Tæthed mindre end den, som antages for Middeltæthed, da bliver Kuglen K tilsyneladende tungere, og Spidsen I hæver sig altsaa over Nulpunktet.

De Omstændigheder, som bestemme Luftens Tæthed, ere Lufttrykket, som sees ved Barometret, Temperaturen, som sees ved Thermometret, og Fugtigheden, som Hygrometret angiver; Manometret viser altsaa en Virkning af flere forskjellige Kræfter, som nödvendigen maae kjendes, hver for sig, hvorfor det altsaa ikke kan ansees som noget meget brugbart Instrument.

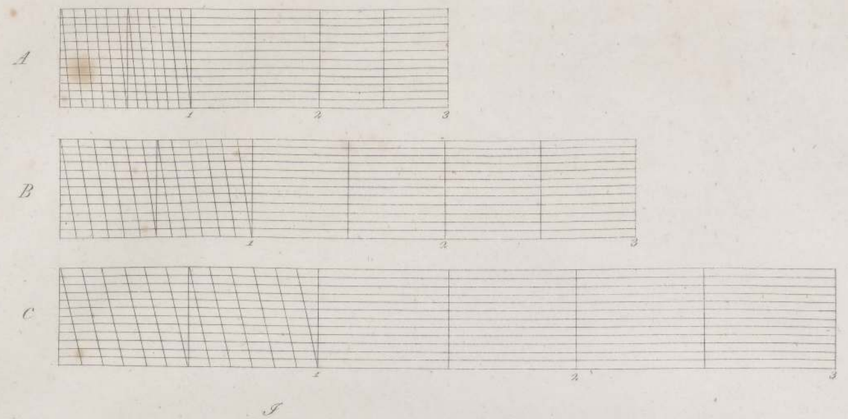


Fig. 1 [N]

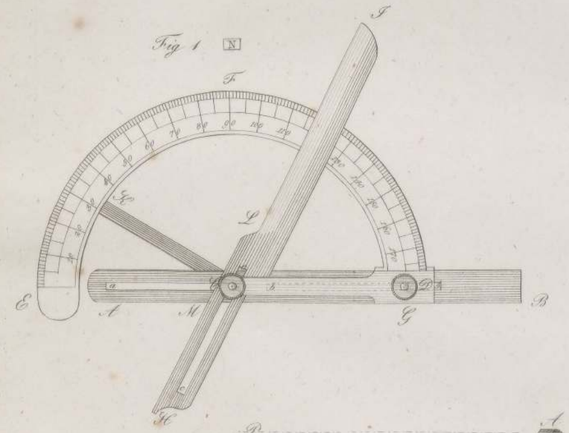


Fig. 3. [N1]

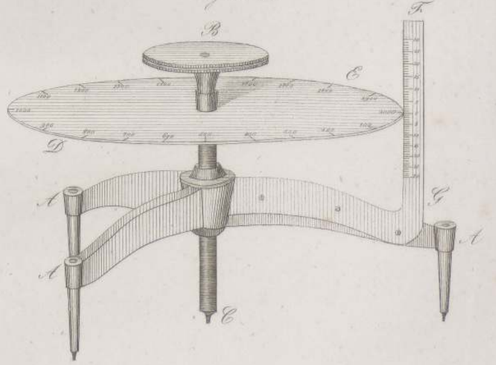


Fig. 2. [N1]

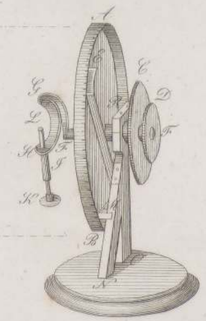


Fig. 1. B

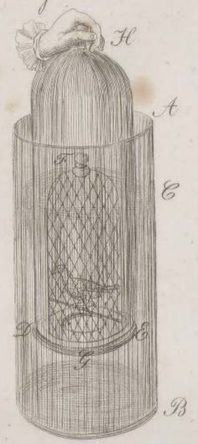


Fig. 2. B

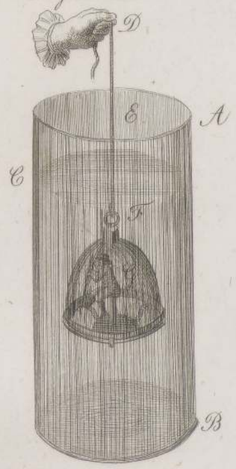


Fig. 3. C



Fig. 4. C

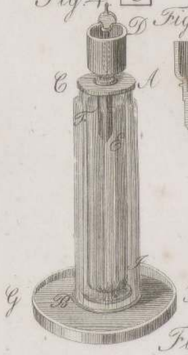


Fig. 5. C

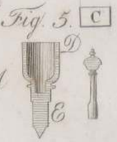


Fig. 6. C

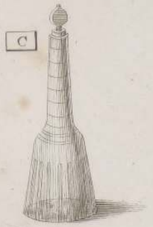


Fig. 7. C



Fig. 8. C

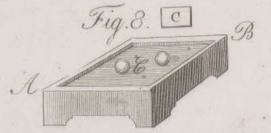


Fig. 9. C



Fig. 10. N



Fig. 11. N



Fig. 12. C



Fig. 13. C

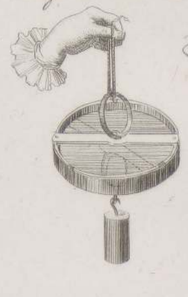


Fig. 14. C



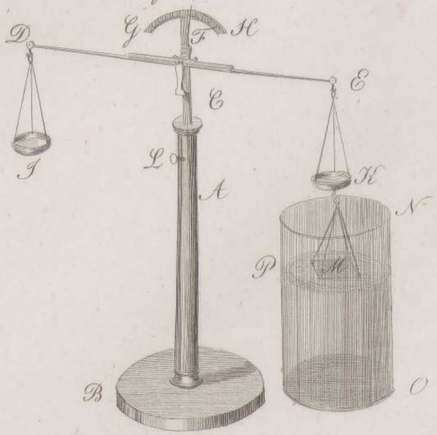
Fig. 15. B



Fig. 16. C



Fig. 17. C



Pl: 3.

Fig: 1. B2

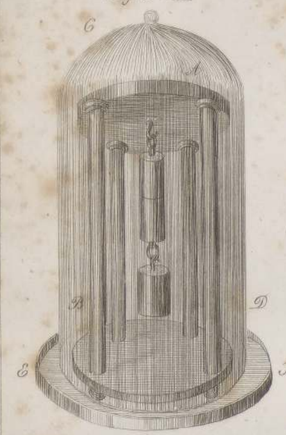


Fig: 4. C

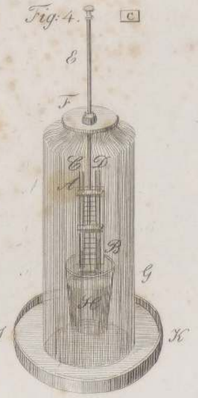


Fig: 6. B

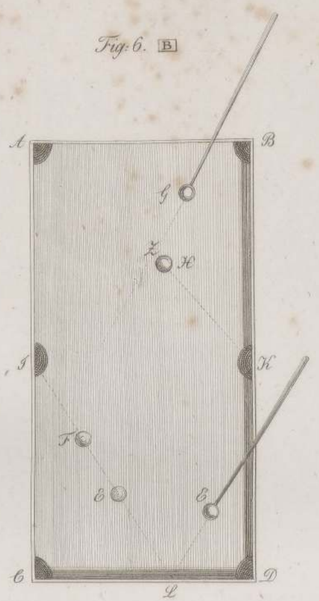


Fig: 5. B

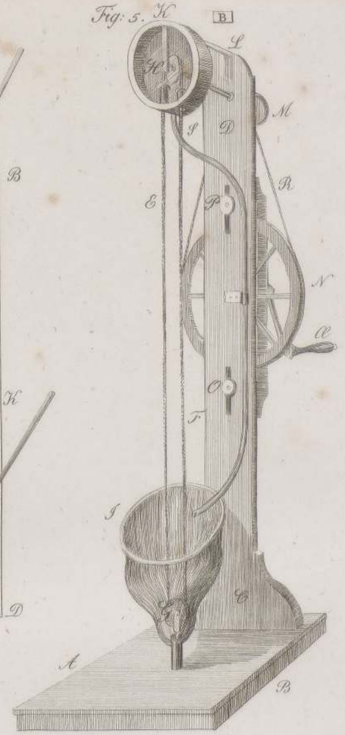


Fig: 2. C



Fig: 7. B2

Fig: 3. C

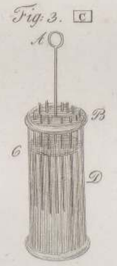


Fig: 8. C

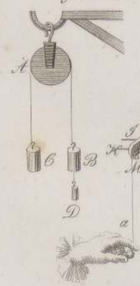


Fig: 11. C

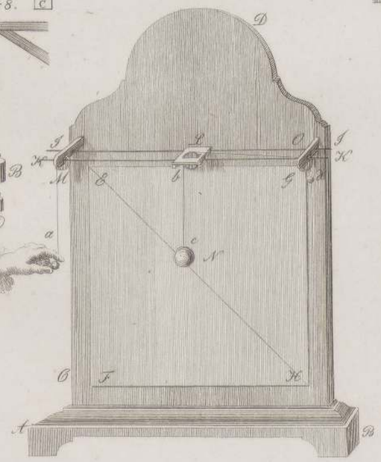


Fig: 10. C

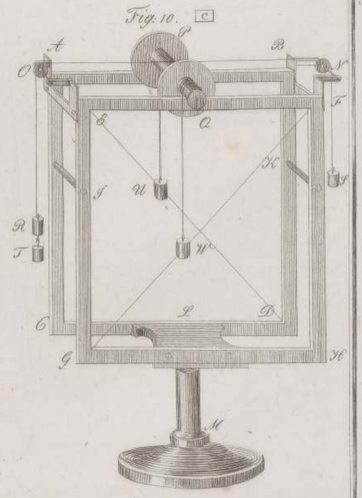
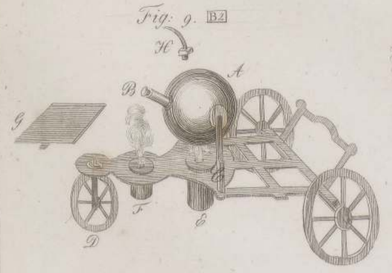


Fig: 9. B2



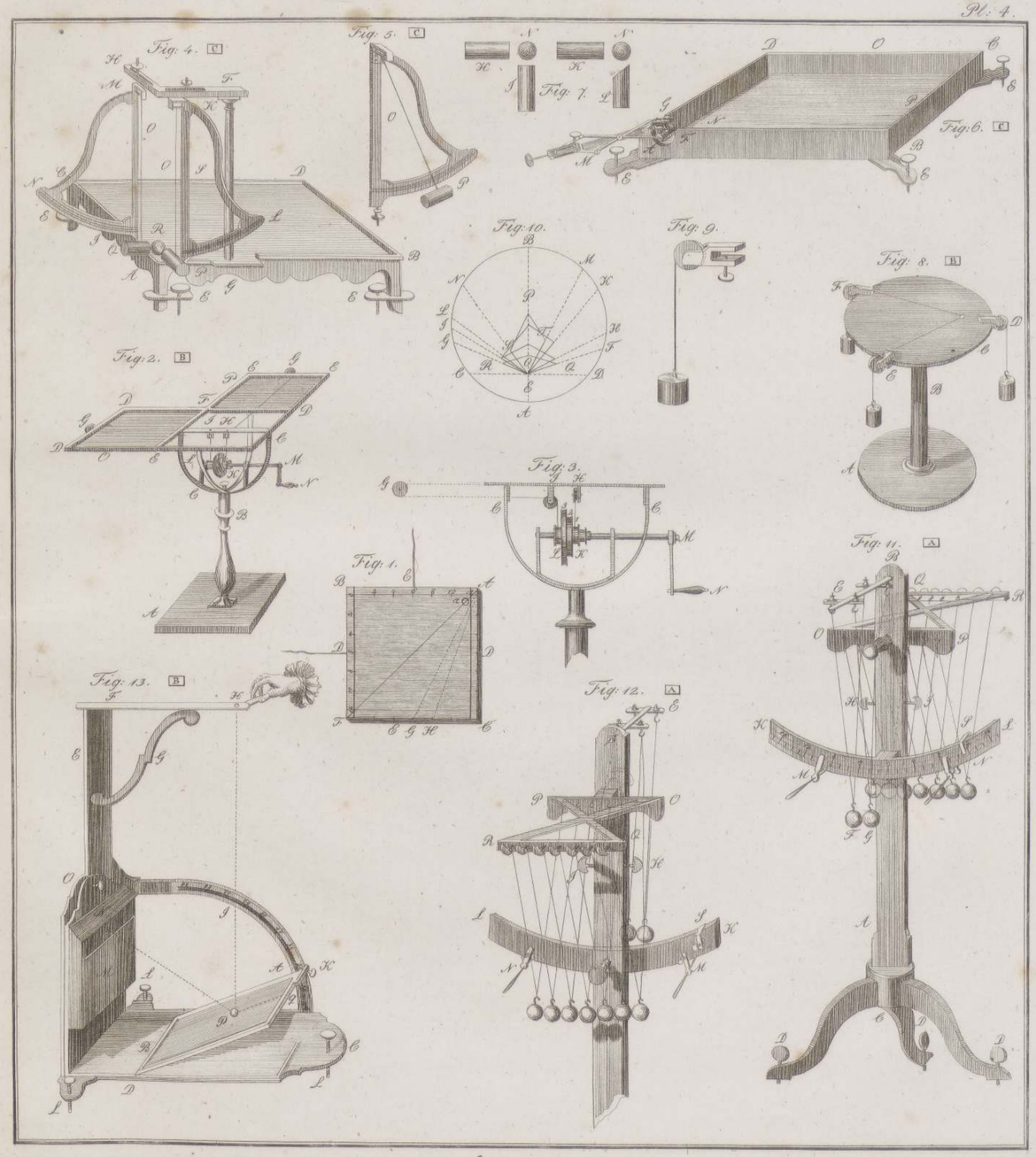


Fig. 4. C
Fig. 5. C
Fig. 7.
Fig. 6. C
Fig. 10.
Fig. 9.
Fig. 8. B
Fig. 2. B
Fig. 3.
Fig. 1.
Fig. 11. A
Fig. 13. B
Fig. 12. A

Pl: 5.

Fig: 1. A

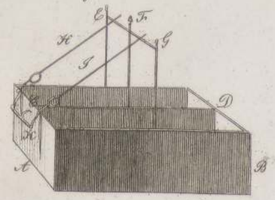


Fig: 2. B

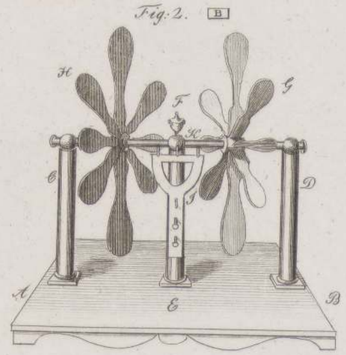


Fig: 3. N

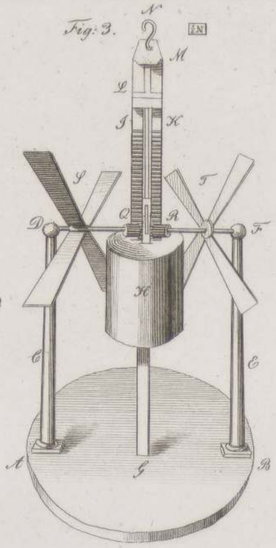


Fig: 4.

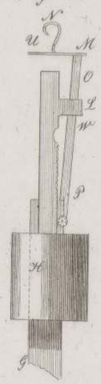


Fig: 10.

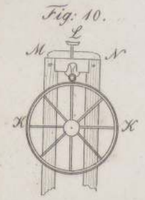


Fig: 9. C

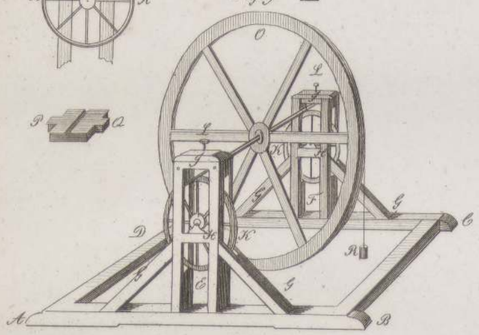


Fig: 7.

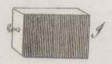


Fig: 6. A

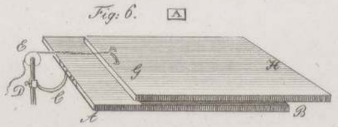


Fig: 14.



Fig: 15.



Fig: 13. E

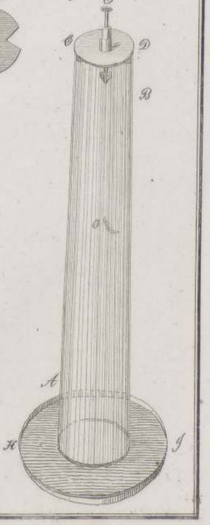


Fig: 8. B

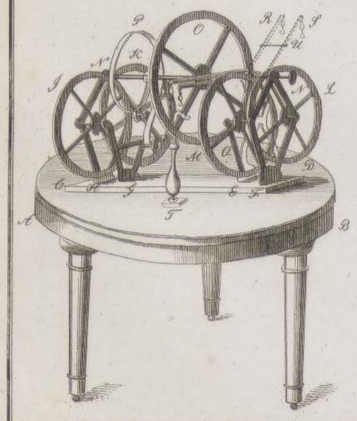


Fig: 5. A

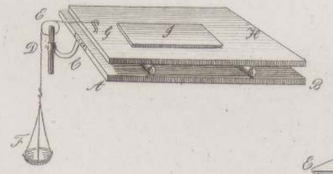


Fig: 11. A

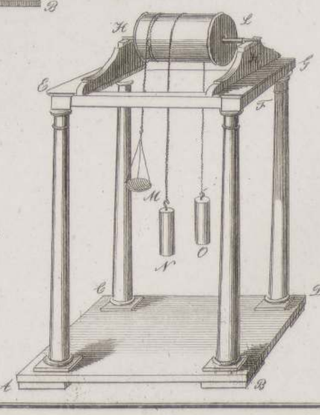


Fig: 12.

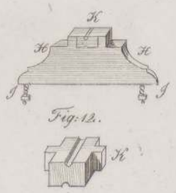


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

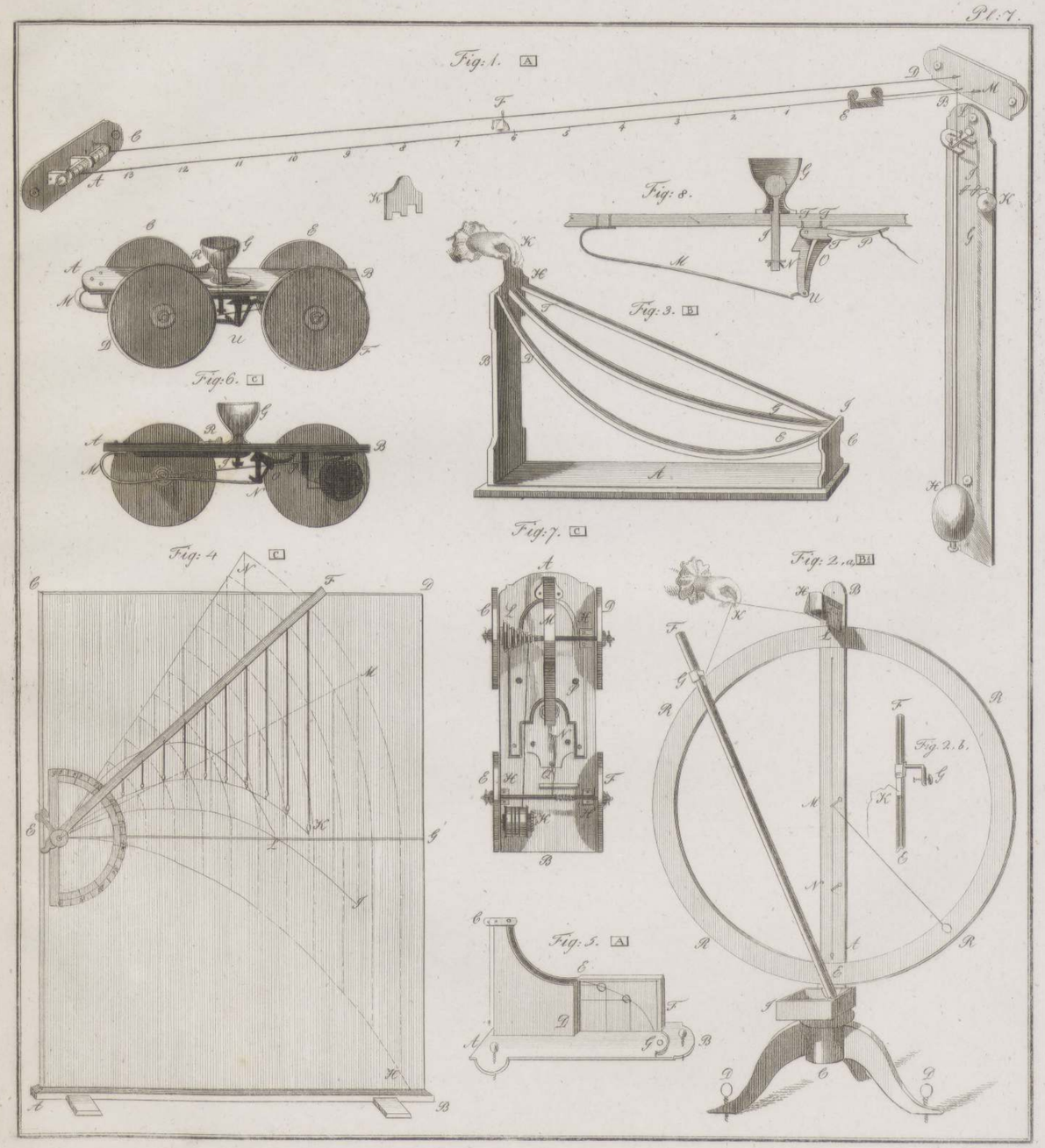


Fig: 1. A
Fig: 8.
Fig: 3. B
Fig: 6. C
Fig: 7. C
Fig: 4 C
Fig: 2. a B
Fig: 2. b.
Fig: 5. A

C 2

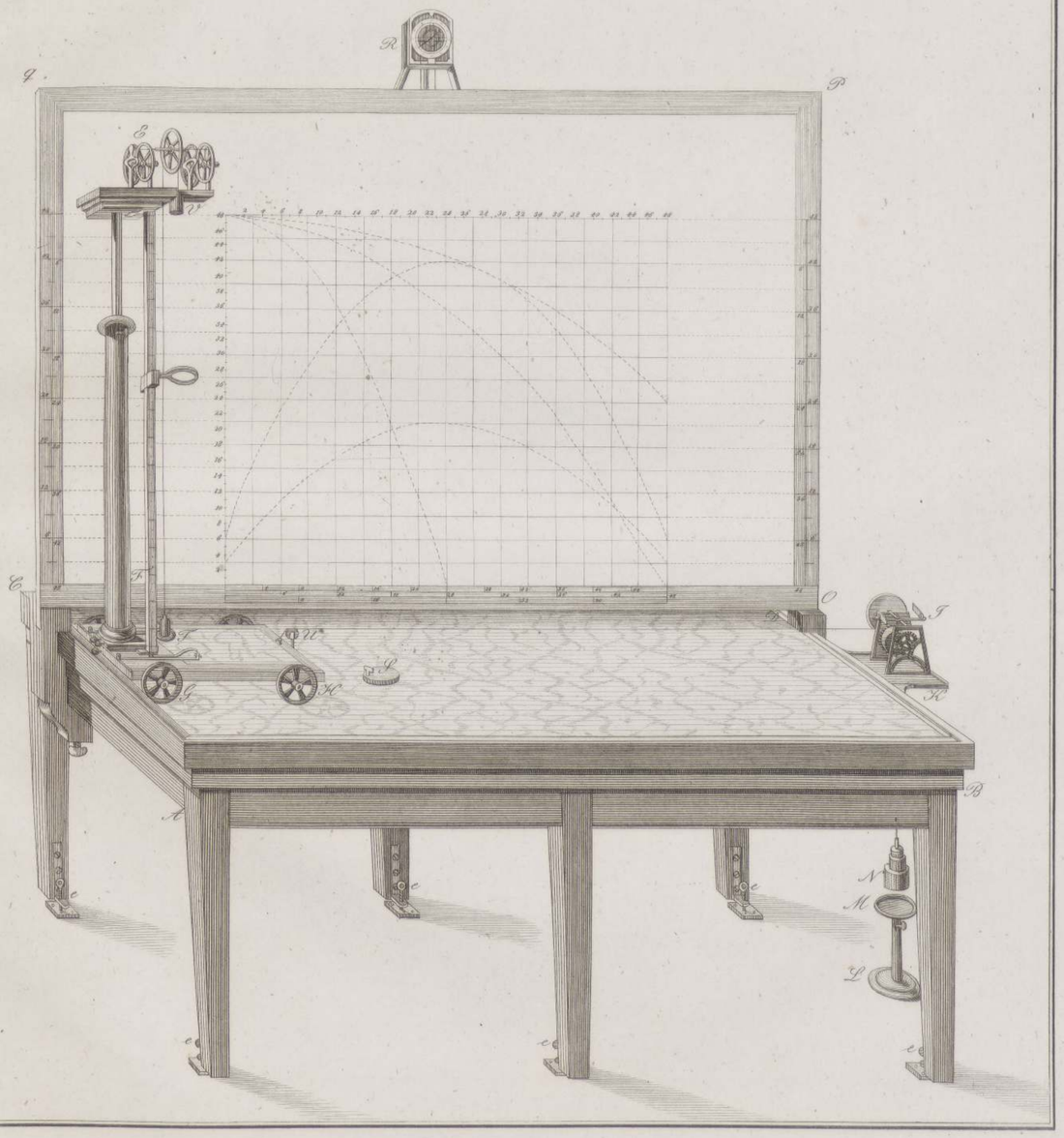


Fig: 1. C

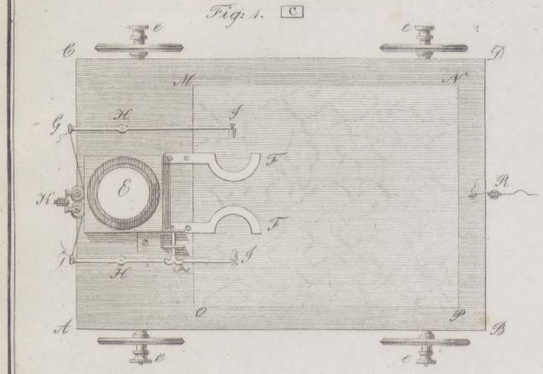


Fig: 2. C

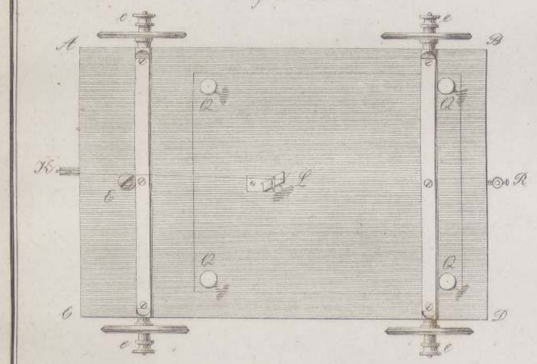


Fig: 9. B

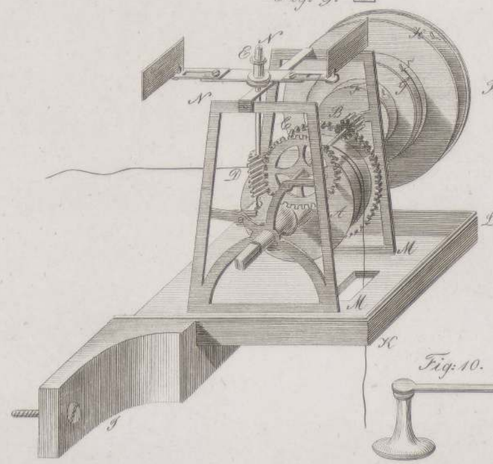


Fig: 12.



Fig: 10.

Fig: 11.

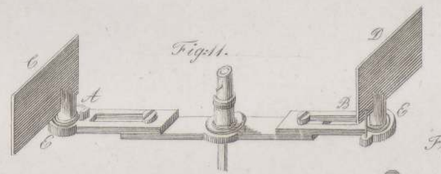


Fig: 3.

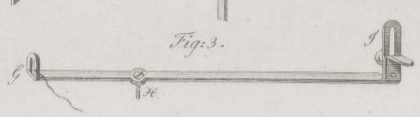


Fig: 7.



Fig: 4.

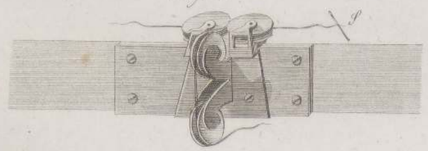


Fig: 8.

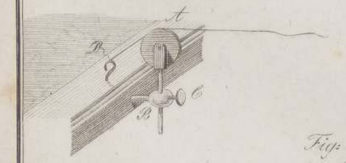


Fig: 5.



Fig: 6.



Fig: 13. B2

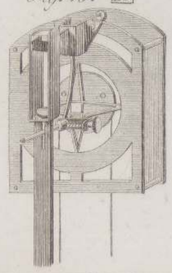


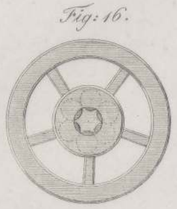
Fig: 14. B2



Fig: 15. B2



Fig: 16.



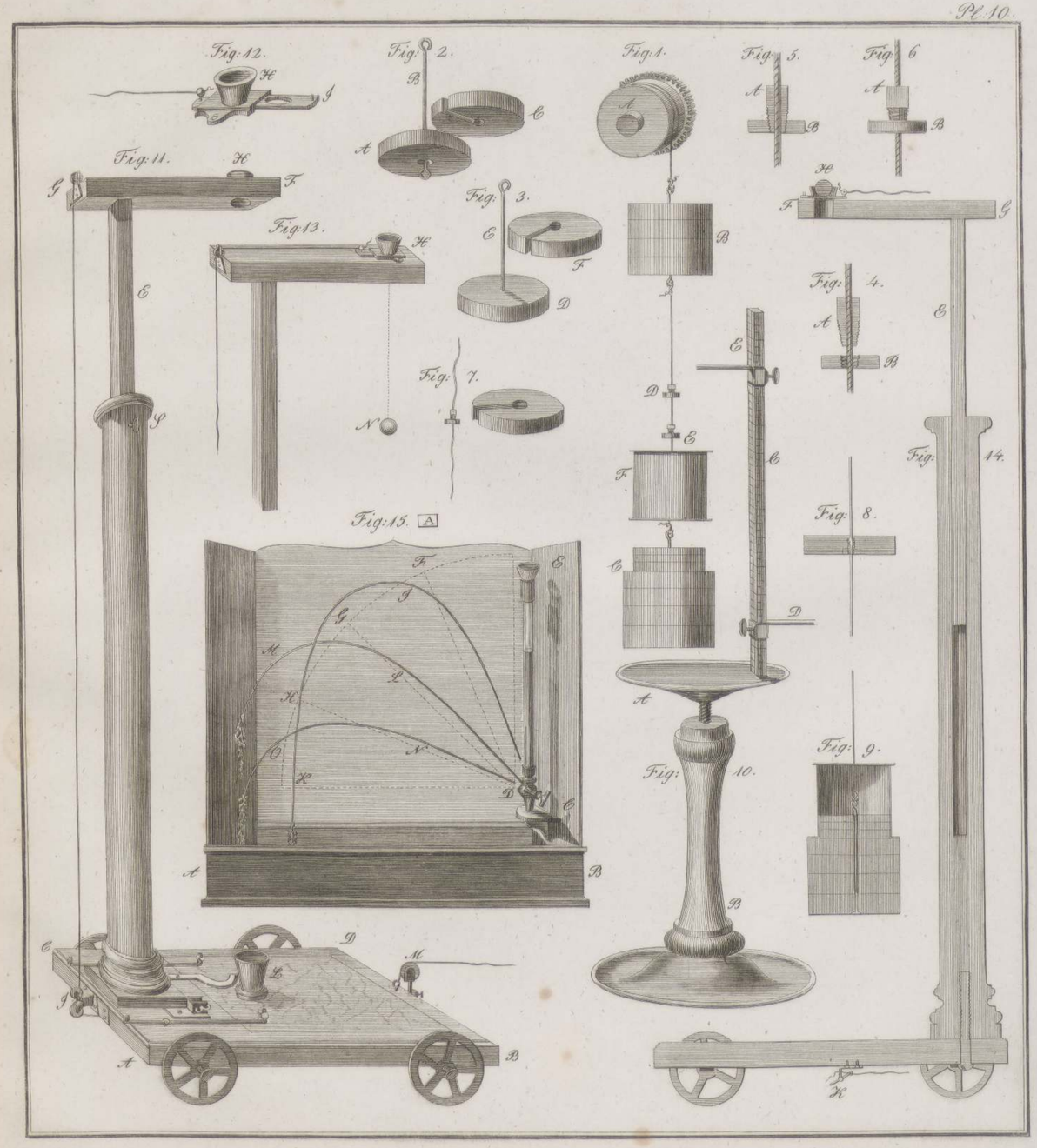
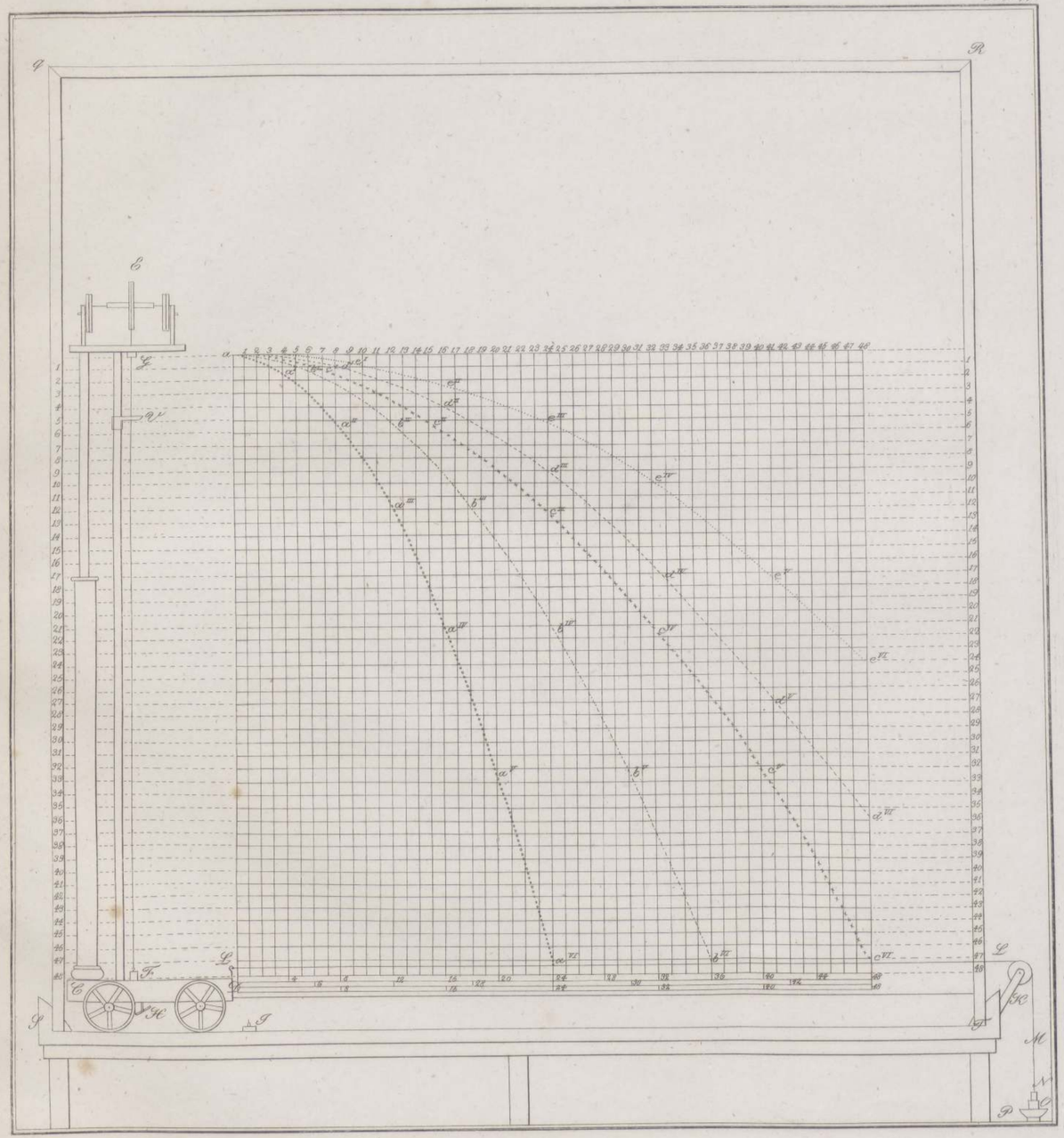


Fig: 12.
Fig: 2.
Fig: 1.
Fig: 5.
Fig: 6
Fig: 11.
Fig: 3.
Fig: 13.
Fig: 4.
Fig: 7.
Fig: 14.
Fig: 15. A
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.

Pl. 11.



Pl. 12.

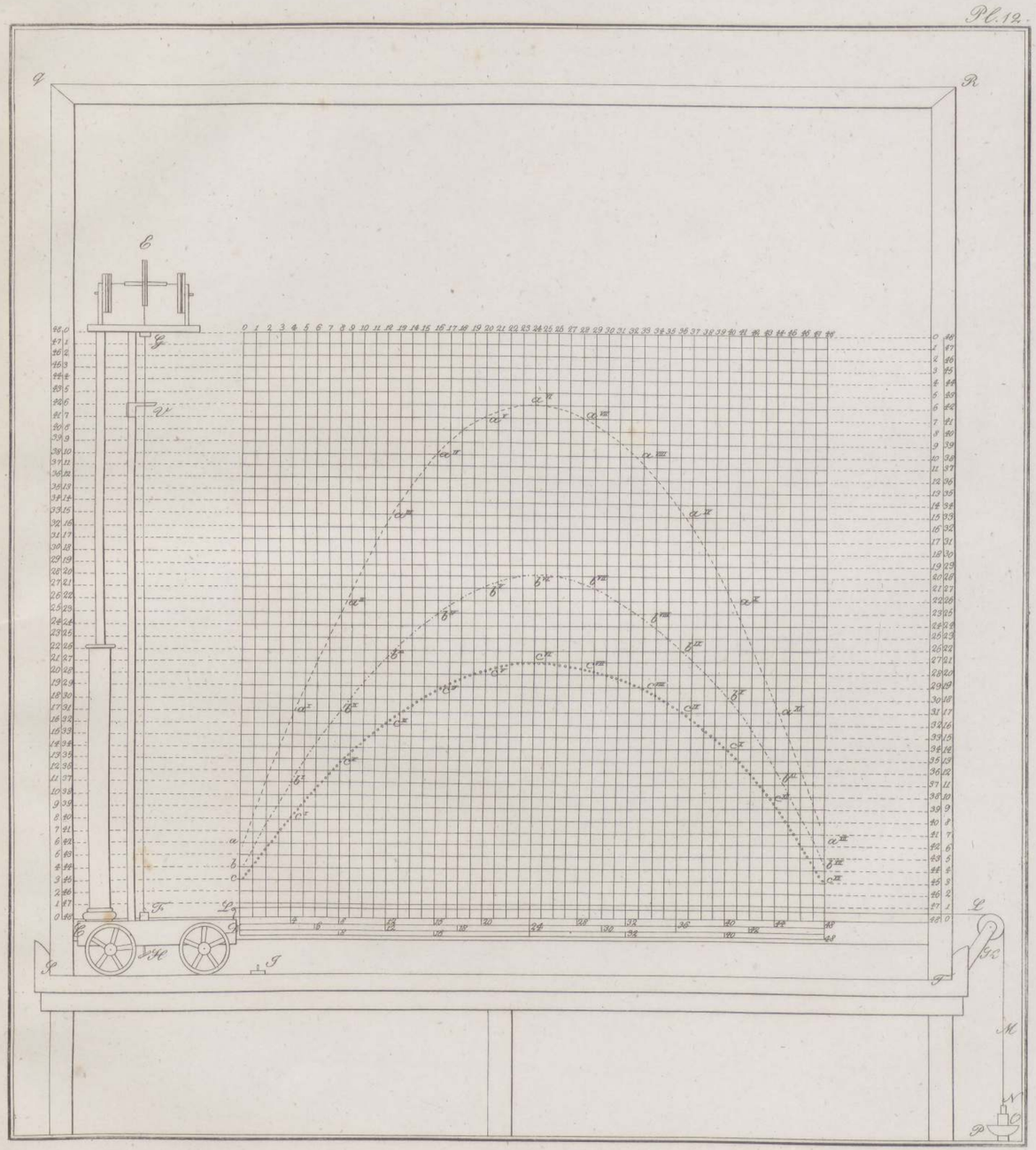


Fig. 8.

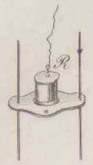


Fig. 7. A



Fig. 3. C

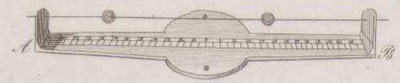


Fig. 4. C

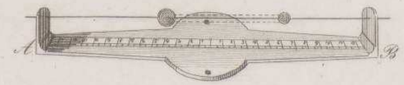


Fig. 5. C



Fig. 6. C

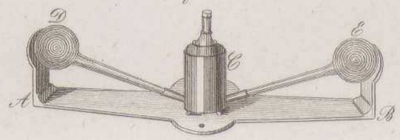
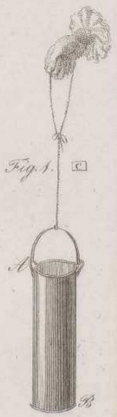


Fig. 1. C



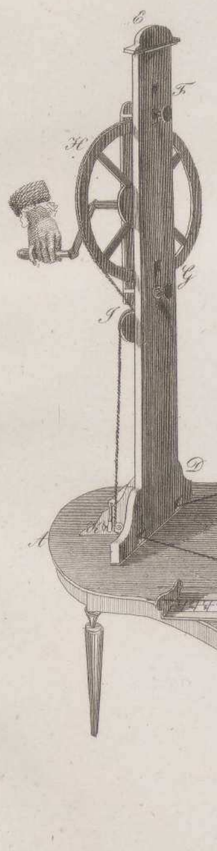


Fig. 9.

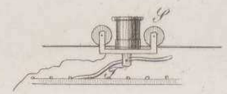


Fig. 2. A

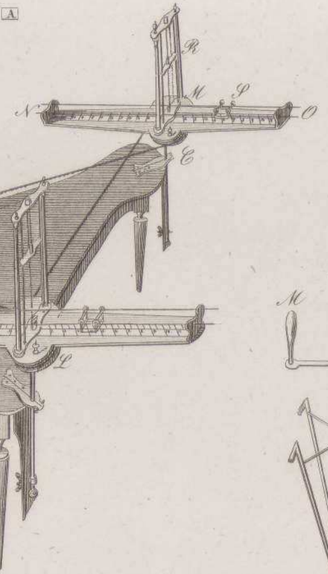


Fig. 10. B

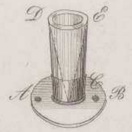


Fig. 12.

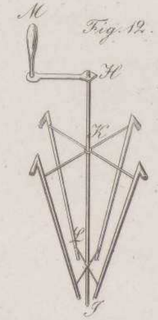


Fig. 11. C

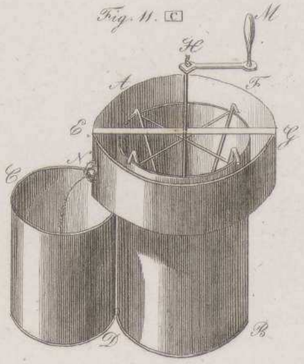


Fig. 1. B

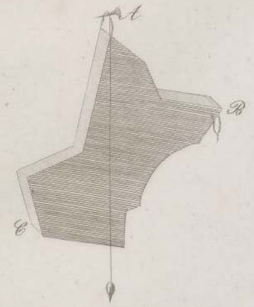


Fig. 2. B

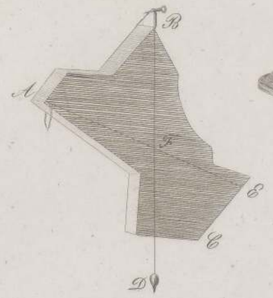


Fig. 3. C



Fig. 5. C 2

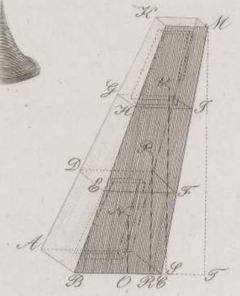


Fig. 6.

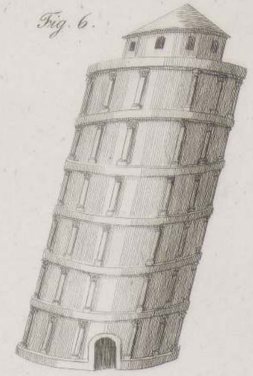


Fig. 4. C

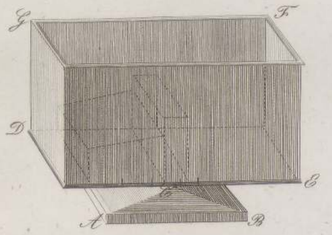


Fig. 10. B 2



Fig. 7. C

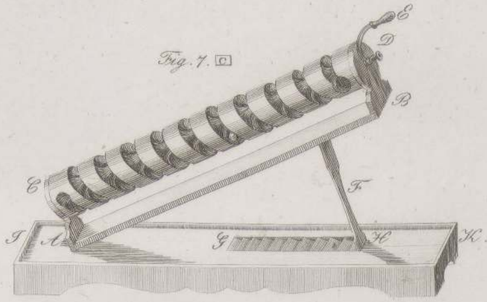


Fig. 8. C

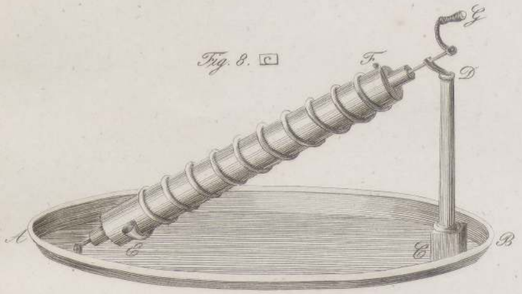


Fig. 12. C

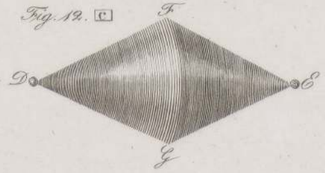


Fig. 11. C

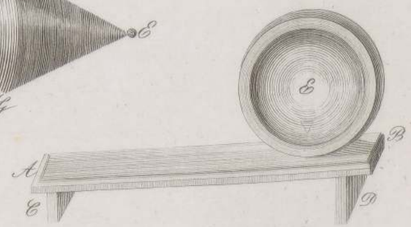


Fig. 9. N



Fig. 13. C



Fig. 14. C

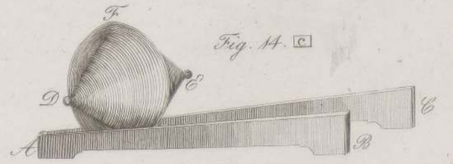


Fig. 1. N

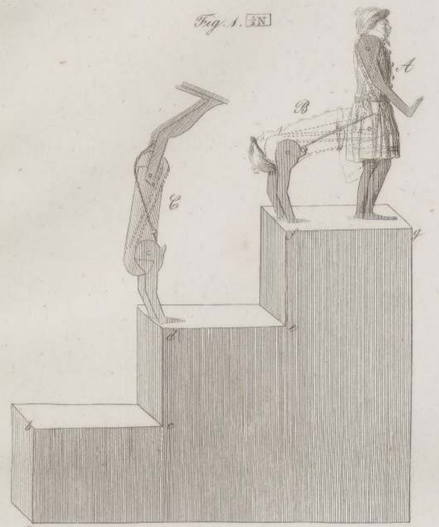


Fig. 2.

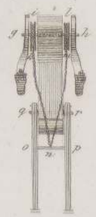


Fig. 3.



Fig. 11. B

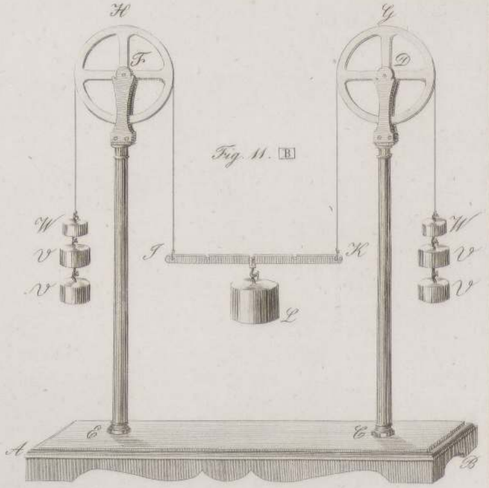


Fig. 5. A

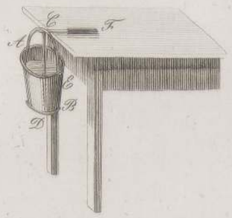


Fig. 4. N

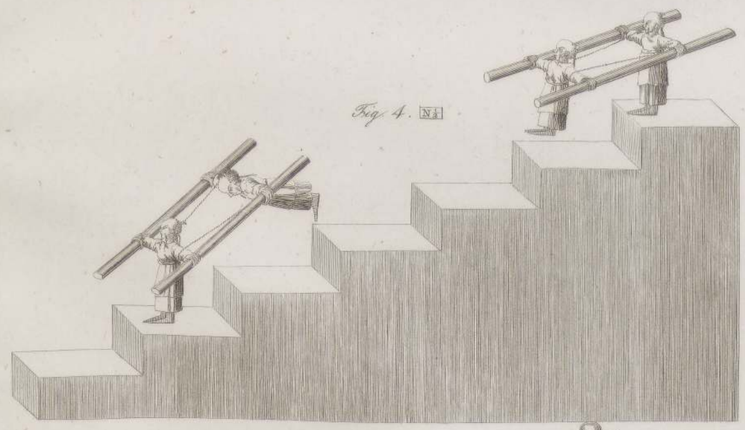


Fig. 10. C

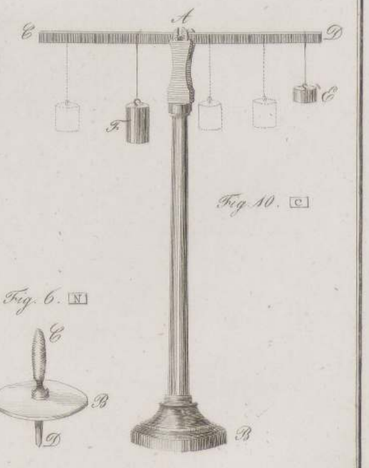


Fig. 7. C



Fig. 8. C

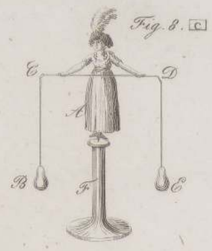


Fig. 9. C

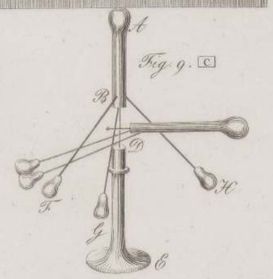


Fig. 6. N

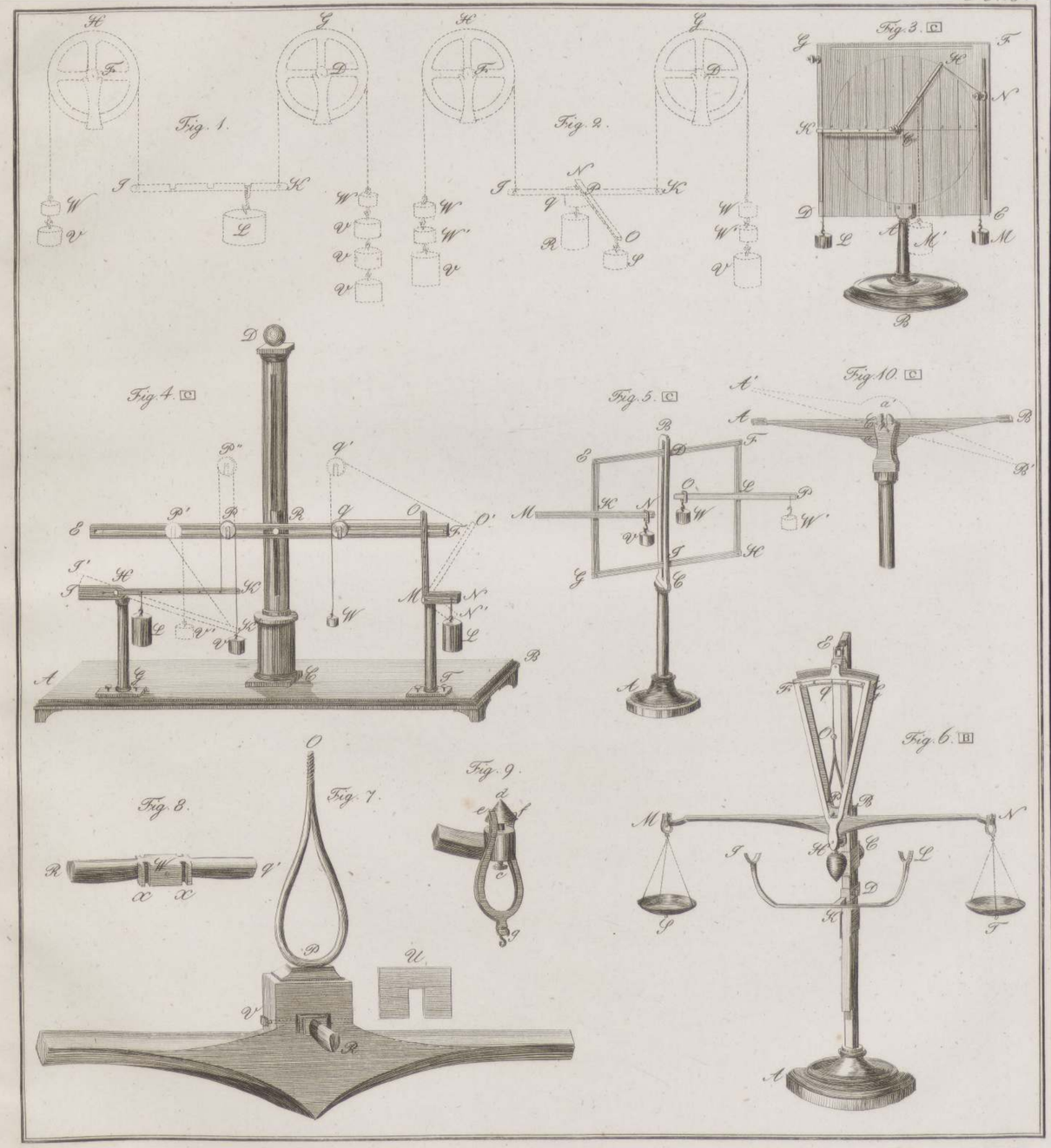


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.

Fig. 1. C

Fig. 2. C

Fig. 3. C

Fig. 4. C 2

Fig. 5. C

Fig. 6. B

Fig. 7.

Fig. 8. B

Fig. 9. C 2

Fig. 10. N

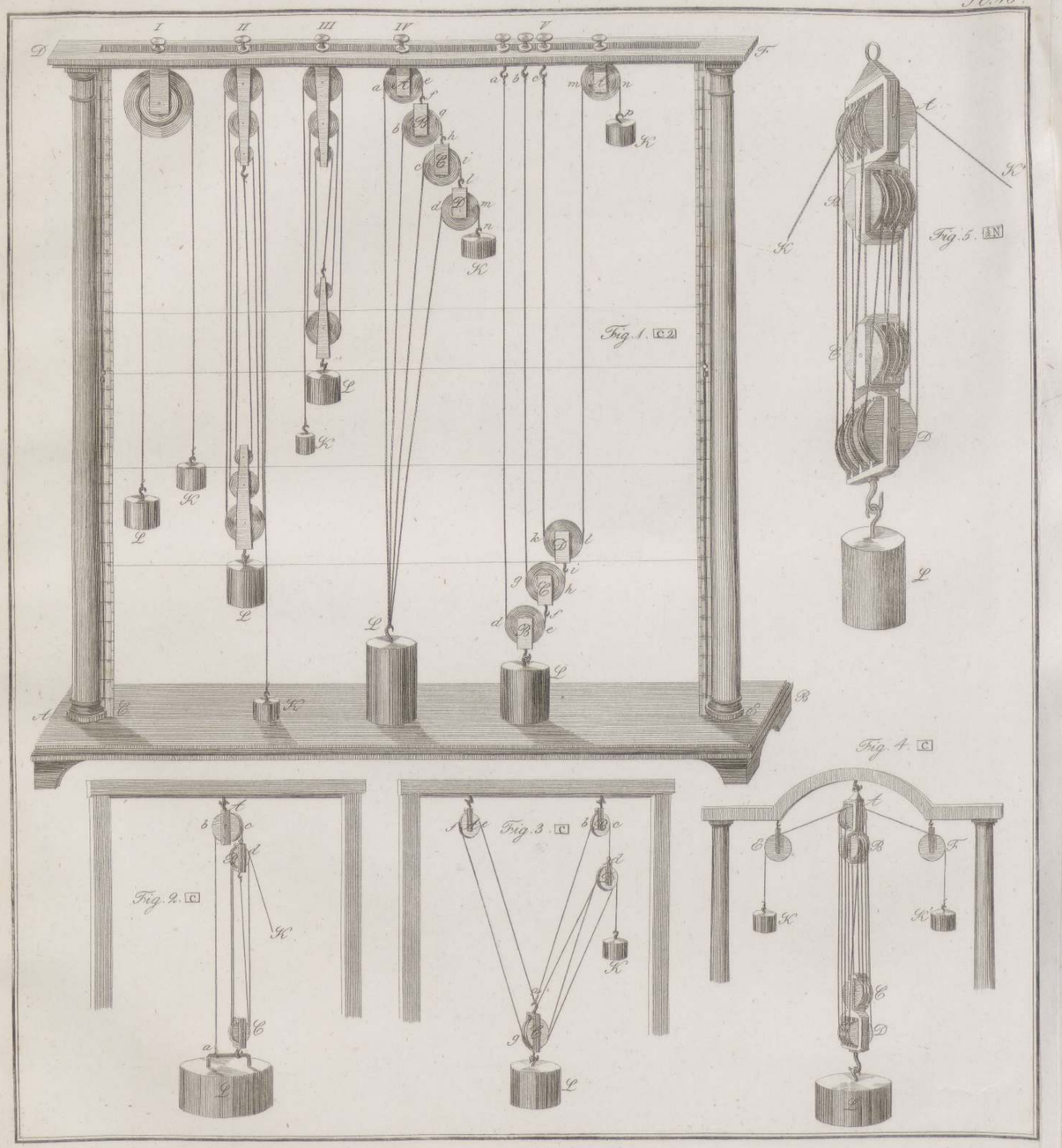


Fig. 1. C D
Fig. 2. C
Fig. 3. C
Fig. 4. C
Fig. 5. A N

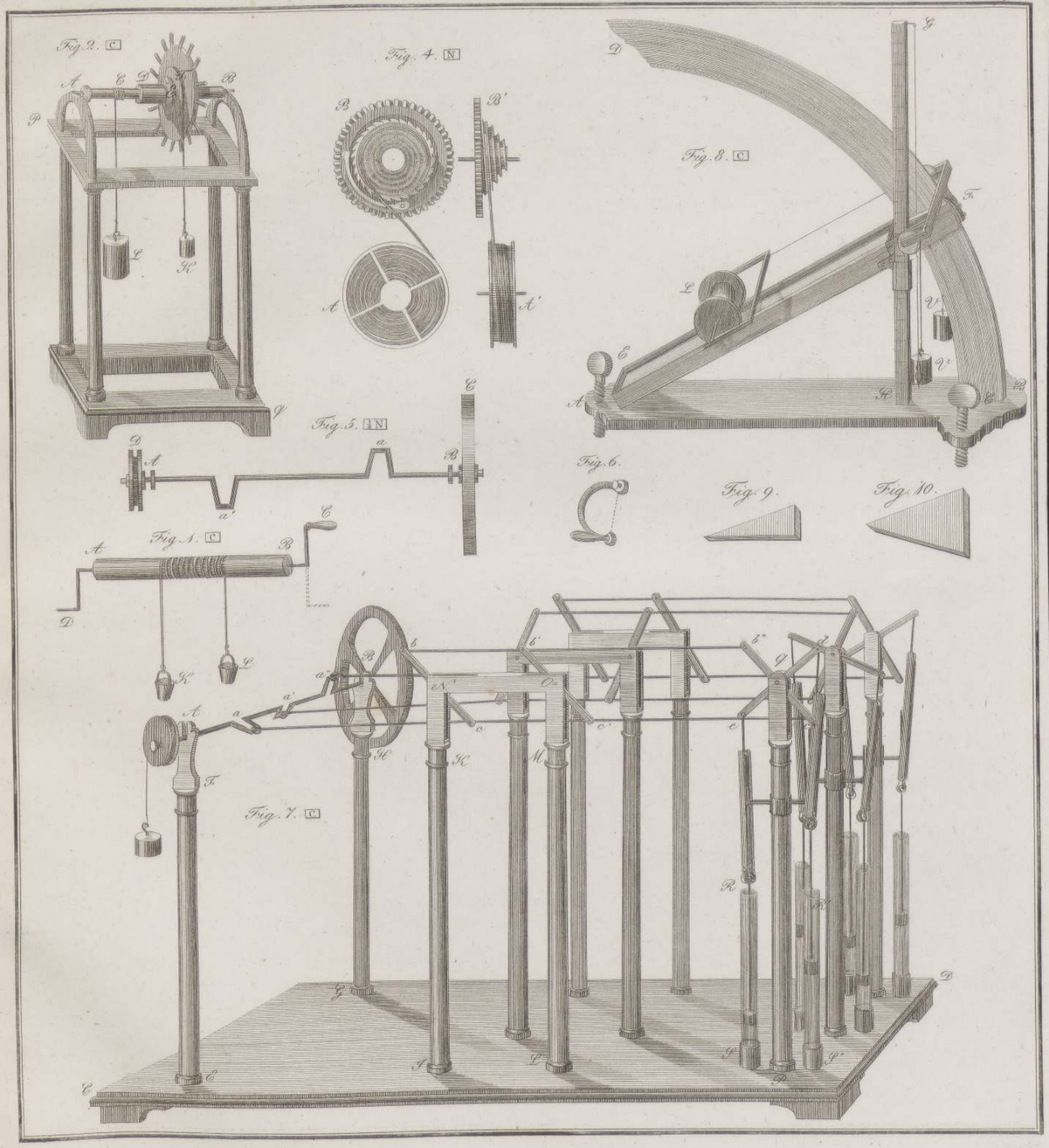


Fig. 2. C
Fig. 4. N
Fig. 8. C
Fig. 5. N
Fig. 6.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 1. C
Fig. 7. C

Fig. 3.

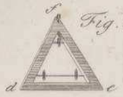


Fig. 2.

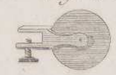


Fig. 4. C 2

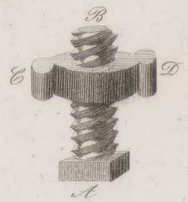


Fig. 1. C

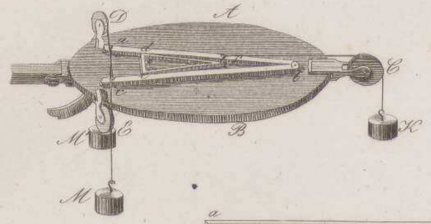
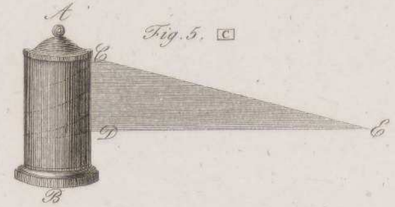


Fig. 5. C



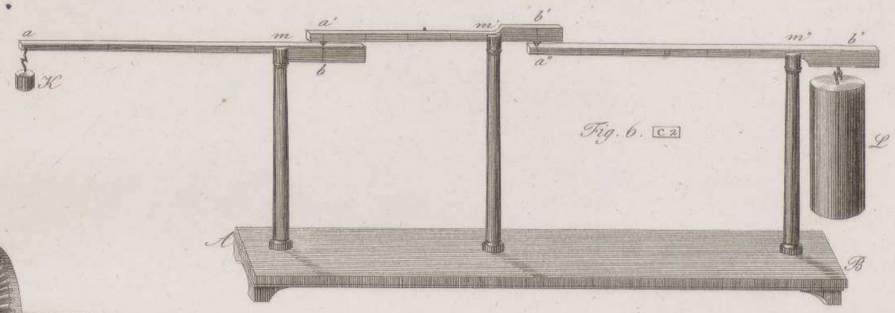


Fig. 6. C 2

Fig. 9. N

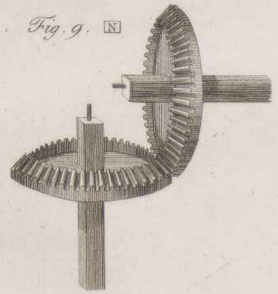


Fig. 10. N

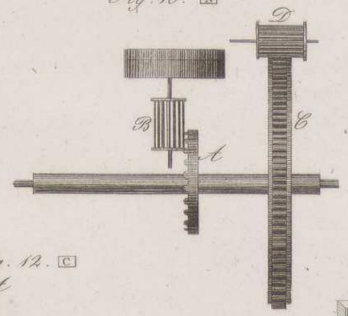


Fig. 11. C

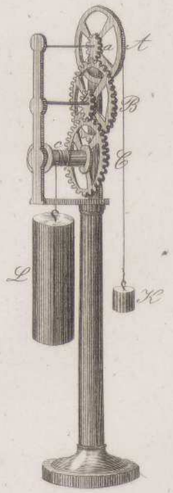


Fig. 8. N

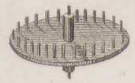


Fig. 7. N



Fig. 12. C

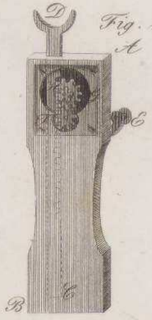


Fig. 13. C

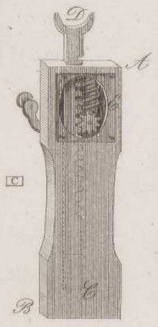


Fig. 1. C

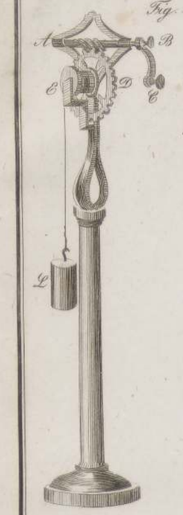


Fig. 2. C

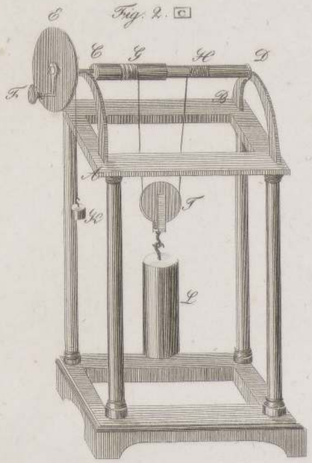


Fig. 3. C

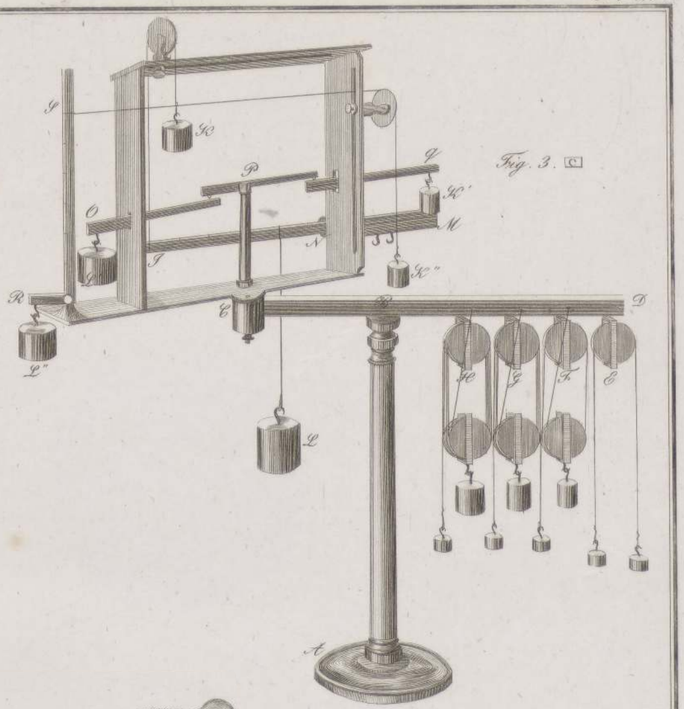


Fig. 4. C

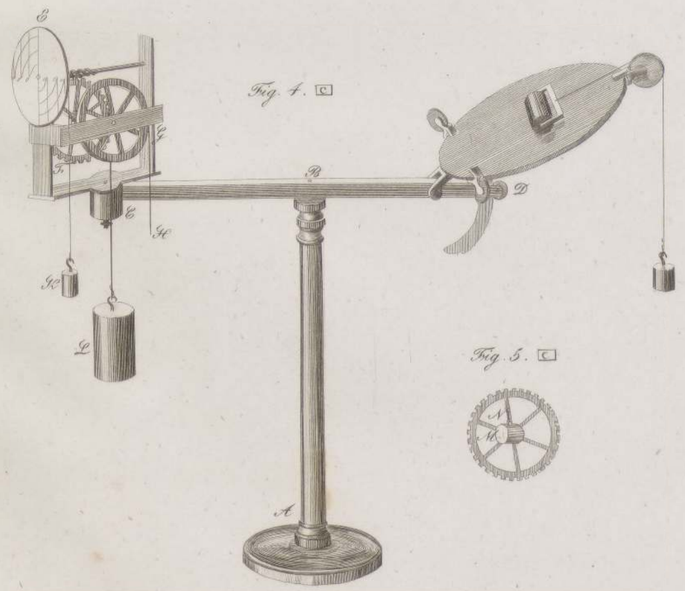


Fig. 5. C

Fig. 6. C

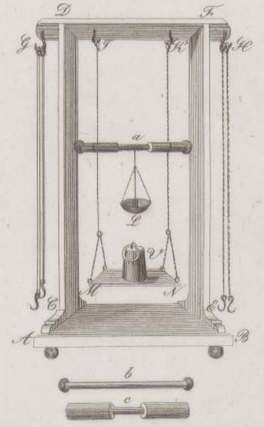


Fig. 1. C

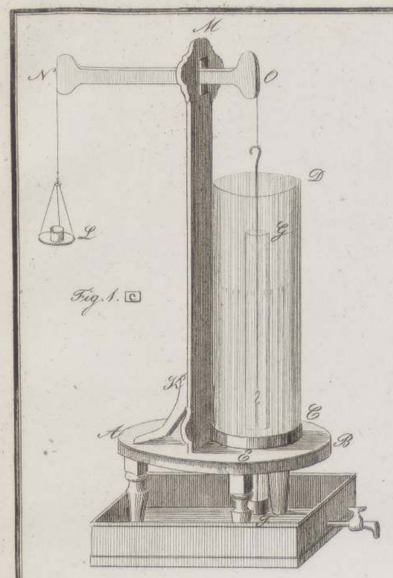


Fig. 2. C

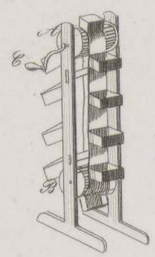


Fig. 3. C

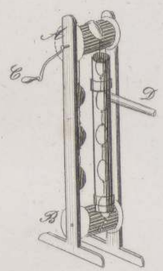


Fig. 5. C



Fig. 8. C

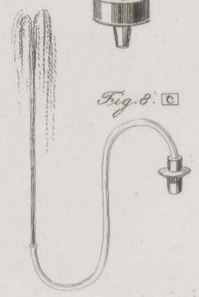


Fig. 4. C

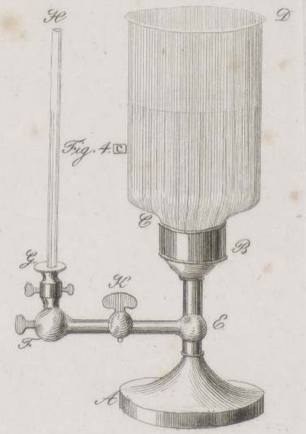


Fig. 6. C



Fig. 7. C

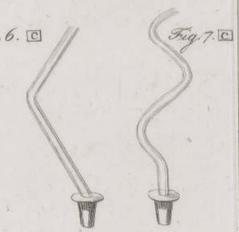


Fig. 13. C

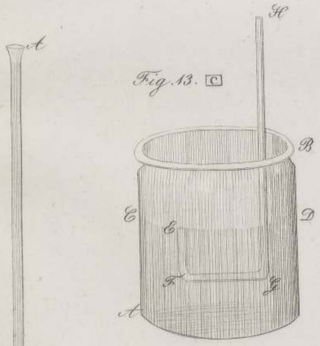


Fig. 14. C

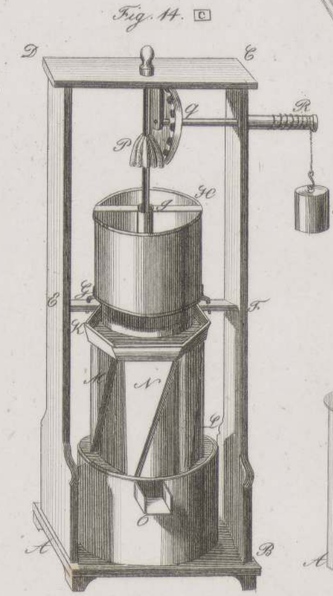


Fig. 12.



Fig. 11. C

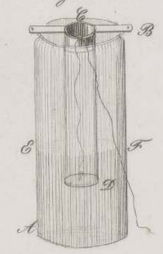


Fig. 15. C

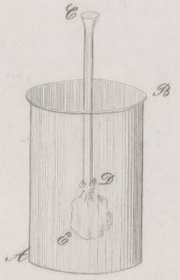


Fig. 9. B

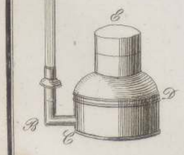


Fig. 10. C



Fig. 1.



Fig. 2. C

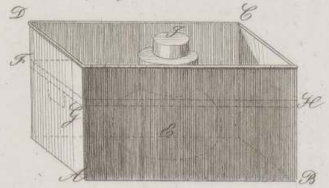


Fig. 4. B

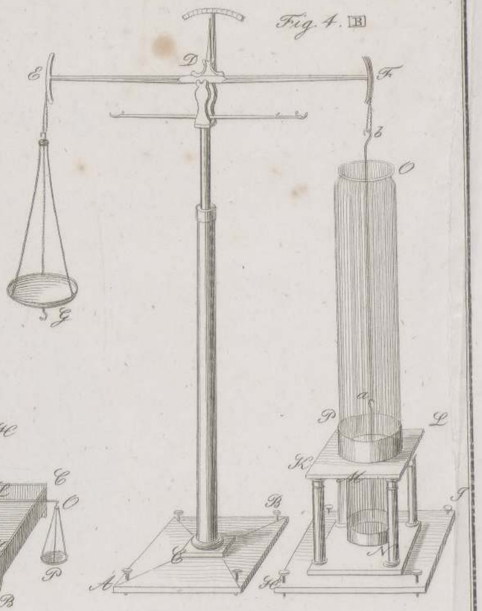


Fig. 3. B

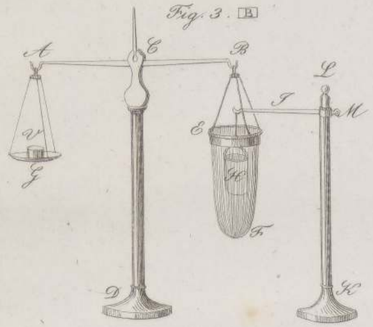


Fig. 7. B

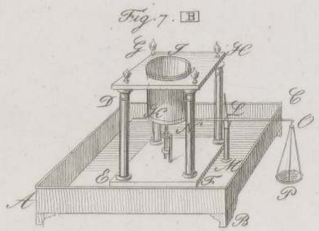


Fig. 5. B

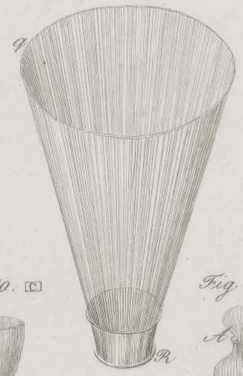


Fig. 6. B



Fig. 8. C

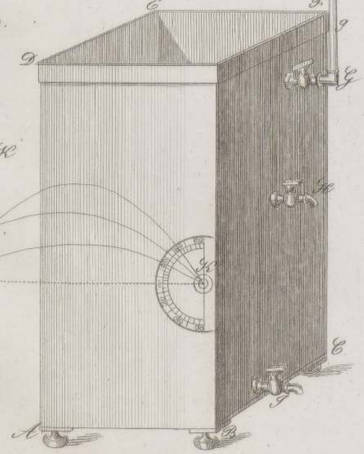


Fig. 9.







Fig. 12. C

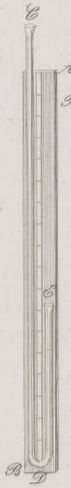
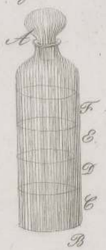


Fig. 10. C



Fig. 11. C



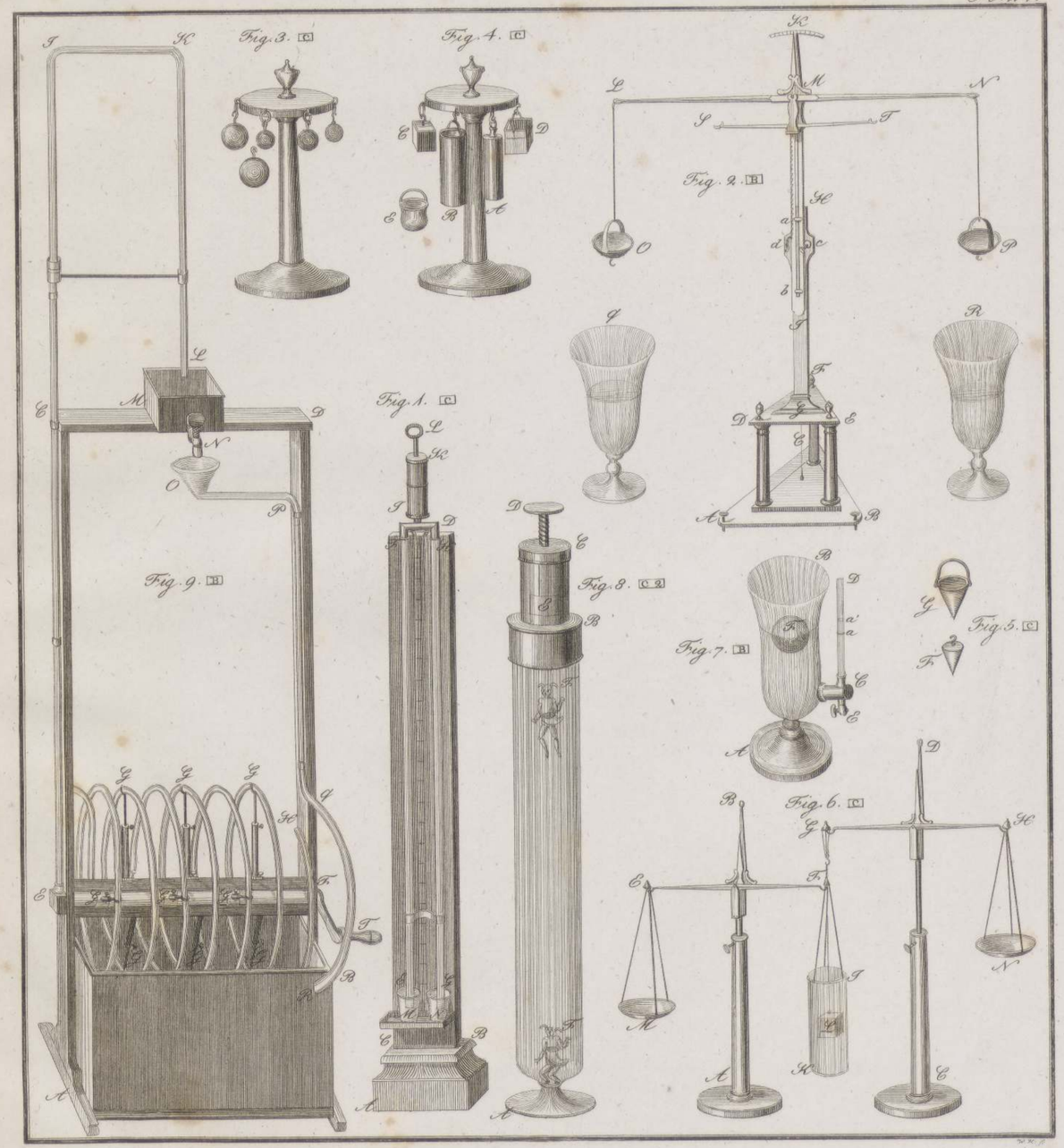


Fig. 9.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 1.
Fig. 8.
Fig. 2.
Fig. 7.
Fig. 5.
Fig. 6.

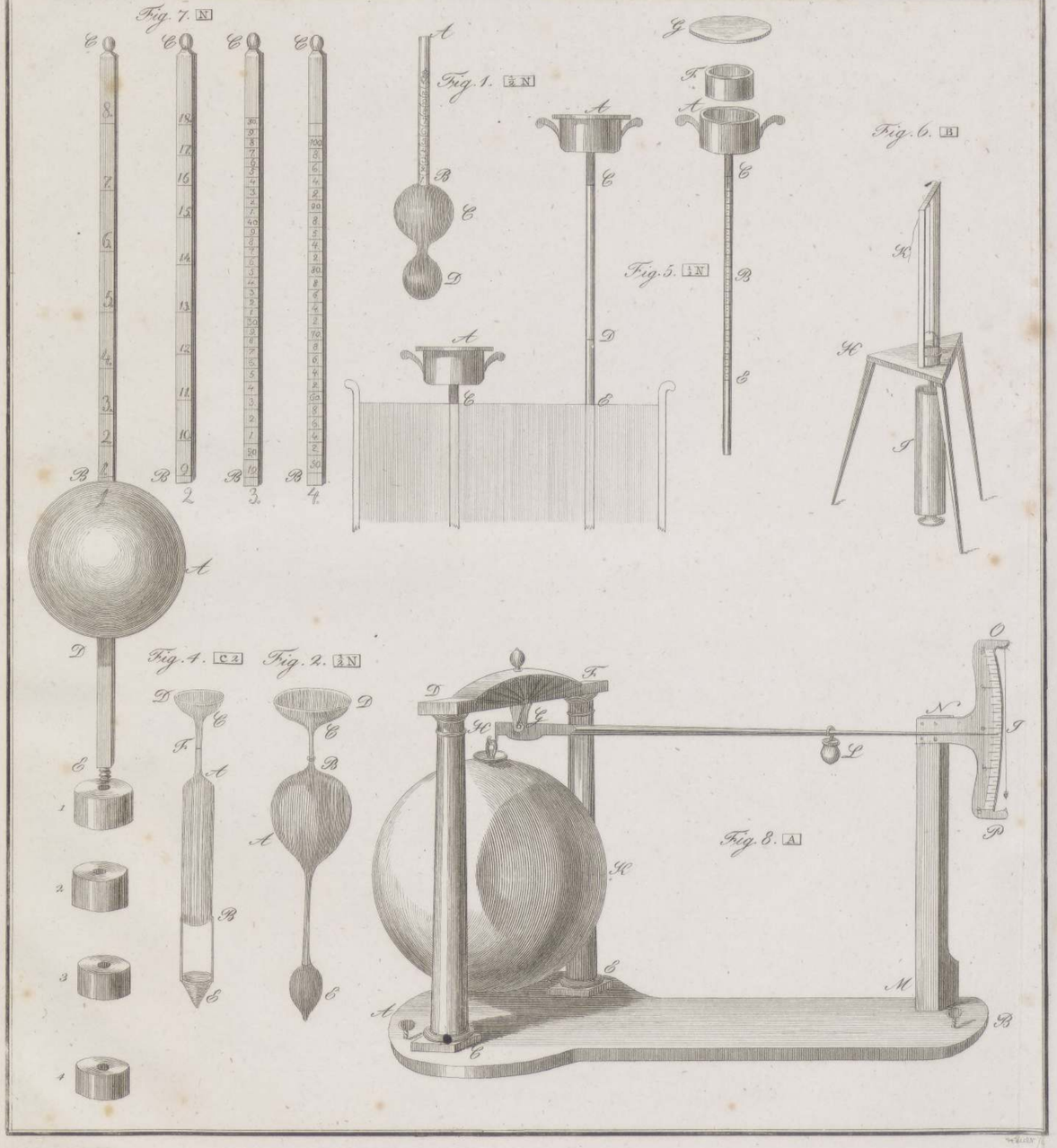


Fig. 7. N
Fig. 1. ½ N
Fig. 5. ¼ N
Fig. 6. B
Fig. 4. C 2
Fig. 2. ½ N
Fig. 8. A