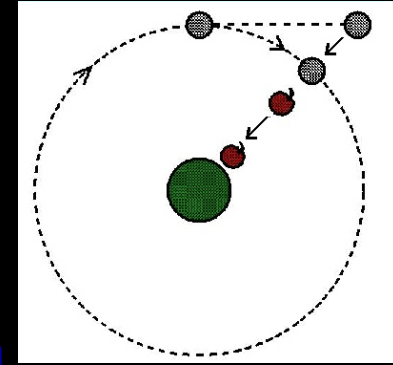


Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica

- I. *A Principia* korai előzményei
- II. A mű születésének körülményei
- III. Newton filozófiai szabályai
- IV. Newton természetfilozófiai módszere
- V. A mű felépítése
- VI. *A Principia* jelentősége
- VII. Newton hatása

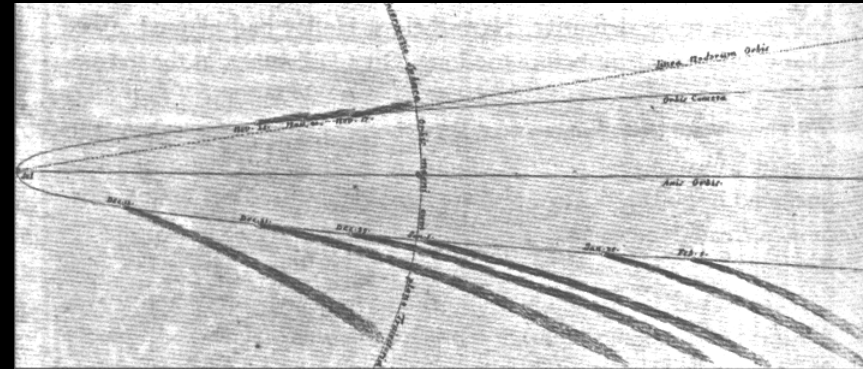
I. *Principia* korai előzményei

- 1665-6: a mechanikai- és bolygómozgás
 - tömeg
 - erő (külső ok, energiahatás)
 - I-II-III. törvény
 - gravitációs törvény – az alma legendája
 - gravitációs és centrifugális erő a Föld felszínén
 - gravitáció a Hold magasságában
- természetfilozófiai megközelítés
 - hely és idő
 - természetes- és kényszermozgások
 - égitestek



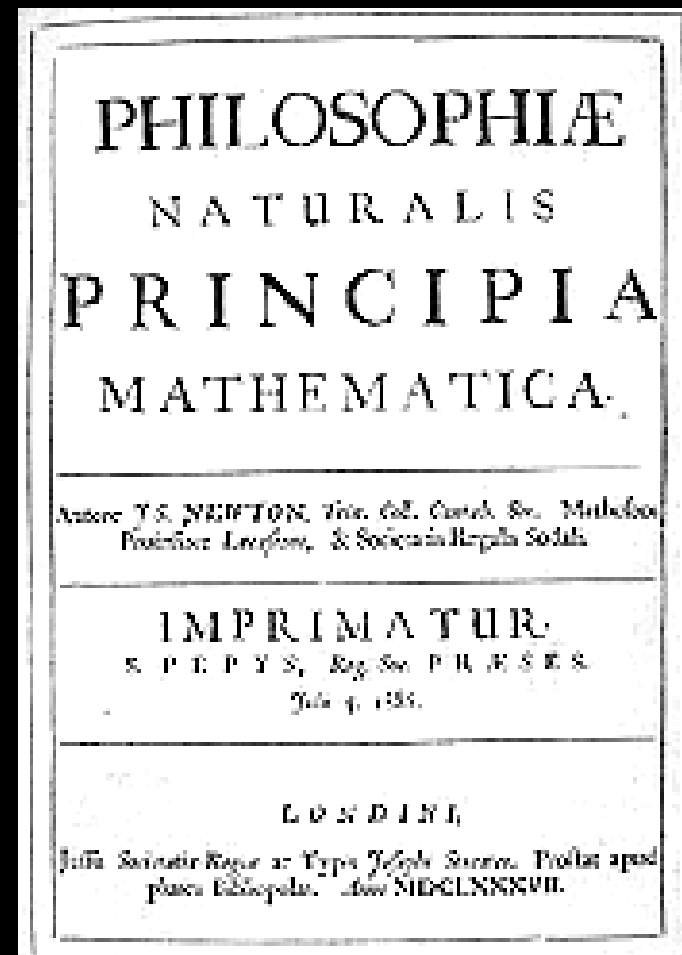
II.1. A mű születésének körülményei 1.

- 1673 – Huygens: centrifugális erő
- 1674-9 – Hooke-Newton levelezés az erőhatások mibenlétéről
- 1677 – Wren-Newton beszélgetés
- 1683: *De motu corporum*
- 1684: Edmund Halley látogatása
 - az üstökösök, az ellipszispályák és a gravitáció összefüggései
 - a kutatás és a kifejtés logikája



II.2. A mű születésének körülményei 2.

- 1687: *A Principia* első kiadása
- kritikák: Johann Bernoulli, Huygens, Leibniz
- 1713: Richard Bentley javaslatára, Roger Cotes szerkesztésében a javított (különösen a II. könyv 1-4. fejezetének bizonyításai) második kiadás
- 1726: A harmadik kiadás




III.1.a. Newton filozófiai szabályai

1.a.

- *„Ne tételezzünk fel több okot a természeti dolgokban, mint amennyi igaz és elégséges a jelenségek megmagyarázására.* Ezért a filozófusok azt mondják, hogy a Természet semmit nem tesz hiába, márpedig hiábavaló lenne az, ami helyett kevesebb is megteszi; mert a Természet kedveli az egyszerűséget, és nem szereti a fölösleges okokkal való pazarlást.” (*Principia* 1. kiadás III. könyv)

III.1.b. Newton filozófiai szabályai 1.b.

- „hiábavaló több föltételezést alkalmazni, ha kevesebb is megmagyarázható valami” (Arisztotelész i. e. IV. sz.)
 - Occam borotvája (William Ockham XIV. sz-i nominalista takarékosága a magyarázó elvekkel)
- 

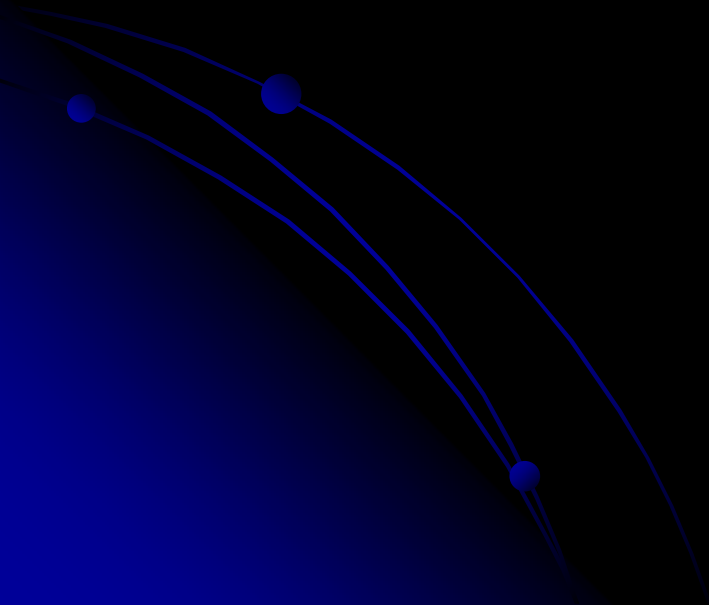
III.2.a. Newton filozófiai szabályai

2.a.

- *„Ennélfogva ugyanazon természeti következményeket, amennyire csak lehetséges, ugyanazon okoknak kell tulajdonítanunk. Így például a légzést az emberben és az állatban; a kövek zuhanását Európában és Amerikában; a tűzhelyen égő tűz és a nap fényét; a fény visszaverődését a földön és a bolygókon.”*
(*Principia* 1. kiadás III. könyv)

III.2.b. Newton filozófiai szabályai 2.b.

- Alkalmazása: összehozza a szabadesést és a bolygómozgást (azaz egyesíti a földi és az égi fizikát)



III.3.a. Newton filozófiai szabályai 3.a.

- *„A testek azon tulajdonságai, amelyek nem mutatnak fokozati növekedést [intension] vagy csökkenést [remission], és amelyek a tapasztalataink körébe eső minden dologhoz hozzátartozni látszanak, mindennemű test univerzális tulajdonságainak tekintendők.” (Principia 2. kiadás)*

III.3.b. Newton filozófiai szabályai 3.b.


- a testek valódi (elsődleges, redukálhatatlan) tulajdonságai
- a tapasztalat, mint egyetlen lehetséges kritérium (John Locke: *An Essay Concerning Human Understanding*, 1690 nyomán)
- analogikus következtetés a korpuszculák világára

III.4.a. Newton filozófiai szabályai

4.a.

- *„A kísérleti filozófiában azokat a kijelentéseket, amelyeket általános indukcióval vontunk le a jelenségekből, pontosan vagy nagyon nagy mértékben igaznak kell tekintenünk, függetlenül bármely ellenük szóló hipotézistől, ami csak elképzelhető, mindaddig amíg csak olyan más jelenség nem bukkan fel, amely által vagy pontosabbá tehető vagy pedig kivételek által korlátozottnak bizonyulnak.”*
(Principia 3. kiadás)

III.4.b. Newton filozófiai szabályai 4.b.

- szabály az indukciós érvelés mellett, a hipotézisek ellen
 - hivatkozási alap az alternatív elméleti konstrukciók ellen, az először felmerült elmélet mellett
- 

IV.1. Newton természetfilozófiai módszere 1.: a matematika igénye

- „Őseink a természet megismerésében a mechanikának igen nagy jelentőséget tulajdonítottak, és az újabb kutatók, mellőzve az anyag megjelenési formáira és rejtett tulajdonságaira vonatkozó tanokat, szintén arra törekednek, hogy a természeti jelenségeket a matematika törvényeinek vessék alá. Ezért azt találtam célravezetőnek, hogy ebben a munkában olyan mértékben alkalmazzam a matematikát, amelyben a természetfilozófiának erre szüksége van.”

IV.2.a. Newton természetfilozófiai módszere 2. : az erő (a)

- „Ebben az értelemben a racionális mechanika azoknak a mozgásoknak a pontosan meghatározott és bebizonyított tudománya, amelyeket valamiféle erők hoznak létre; illetve az a tudomány, amely a mozgások létrejöttéhez szükséges erőket tárgyalja. Elődeink a mechanikának ezt a részét arra az öt erőre alapozták, amelyek a kézművességre vonatkoztak. Ők a gravitációt (mivel nem tekinthető kézzel kifejtett erőnek) úgy tekintették, mint olyan erőt, amely a súlyos

IV.2.b. Newton természetfilozófiai módszere 2. : az erő (b)

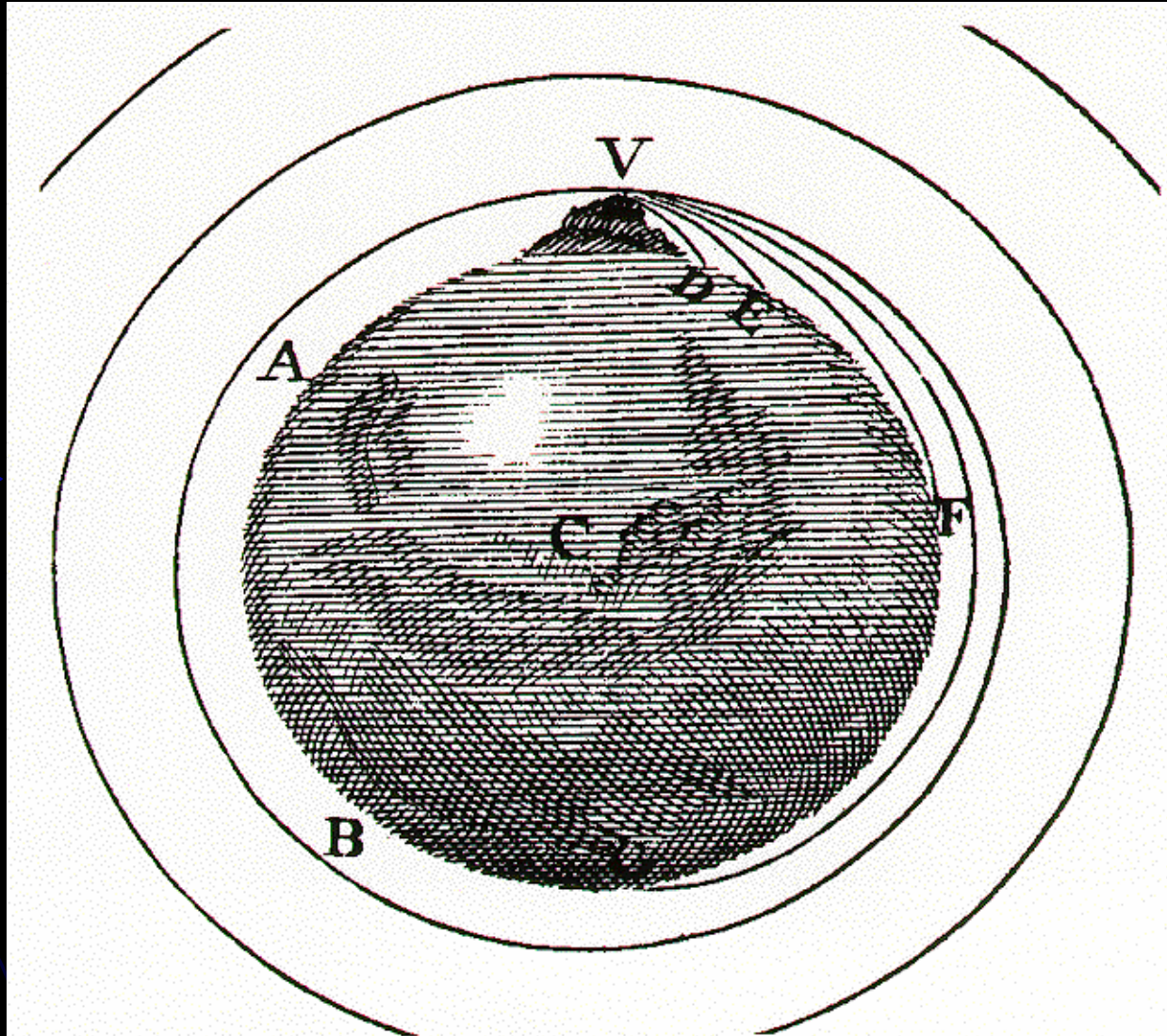
- testek mozgásánál nyilvánul meg. Mi azonban nem a kézművességgel, hanem a természetfilozófiával foglalkozunk; következésképpen nem a kézzel kifejtett erőket, hanem a természetben előforduló erőket tanulmányozzuk. Ezért főleg azokkal a jelenségekkel foglalkozunk, amelyek a nehézségre, a könnyűségre, a rugalmasságra, a folyadékok ellenállására és más vonzó- vagy taszítóerőre vonatkoznak.”

IV.3. Newton természetfilozófiai módszere 3.: az indukció

- „Úgy tűnik ugyanis, hogy a természetfilozófia feladata abban áll, hogy a mozgásjelenségből következtessen a természeti erőkre, és ezeknek az erőknek az ismeretében találjon magyarázatot a többi jelenségre is. Ezt a célt szolgálják azok az általános törvények, amelyeket az első és a második könyvben tárgyalunk. A harmadik könyv ezek alkalmazásaként ismerteti a világrendszeret.”

IV.4. Newton természetfilozófiai módszere 4.: az alkalmazás

- Kepler III. törvénye → gravitációs erő
 - → földi nehézkedés → szabadesés stb.
 - → árapály jelenség
 - → üstököspályák



V.1.a. A mű felépítése: meghatározások (a)

- **Meghatározások**

- tömeg (corpus, materia, quantitas materiæ):
„Az anyag mértéke a mennyisége; ezt a mennyiséget az anyag sűrűsége és térfogata együttesen határozza meg.”
 - arányos a súllyal
 - a fogalom kritikája Ernst Machnál
 - meghatározás = mérési eljárás megadása
 - a tömeg nem a test belső tulajdonsága
 - az einsteini speciális relativitáselmélet

V.1.b. A mű felépítése: meghatározások (b)

- impulzus: *„A mozgás mértéke a mozgásmennyiség; ezt az anyag sebessége és mennyisége együttesen határozza meg.”*
- tehetetlenség: *„Az anyag vele született belső ereje az az ellenálló képesség, amellyel minden test rendelkezik. A magára hagyott test megőrzi nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását.”*
- erő: *„A kívülről ható erő az a testre gyakorolt hatás, amely megváltoztatja a test nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását.”*

V.1.c. A mű felépítése: meghatározások (c)

- centripetális erő: *„A centripetális erő az az erő, amelynek hatására a test valamely pont mint középpont felé vonzódik, taszítódik, vagy valami módon errefelé igyekszik.”*
- magyarázó jegyzet
 - „Mivel az idő, a tér, a hely és a mozgás mindenki előtt ismeretes, ezeket a fogalmakat nem határoztam meg.”
 - „Az abszolút, valóságos és matematikai idő önmagában véve, és lényegének megfelelően, minden külső vonatkozás nélkül egyenletesen múlik, és más szóval időtartamnak is nevezhető.”

V.1.d. A mű felépítése: meghatározások (d)

- „Az abszolút tér, saját lényegénél fogva, külsőleg egyáltalán semmihez sem viszonyítva, mindenkor egyenlő és változatlan marad.”
 - Leibniz kritikája
 - Mach
 - relativitáselmélet
- „Az abszolút mozgás a testnek egyik abszolút helyről a másikra való helyváltoztatása; a relatív mozgás pedig az egyik relatív helyről a másikra való átmenet, így például a vitorlás hajón valamely test relatív helye a hajónak az a része, ahol a test található, vagy az űrnek az a része, amelyet a test kitölt és amely együtt mozog a hajóval.”
 - a vödör kísérlet

V.2.a. A mű felépítése: axiómák (a)

- **Törvények**

- a tehetetlenség: *„Minden test megmarad nyugalmi állapotában vagy egyenletes és egyenes vonalú mozgásában, hacsak külső erő nem kényszeríti ennek az állapotnak elhagyására.”*

- A II. törvény speciális esete vagy az inerciarendszer meghatározása?



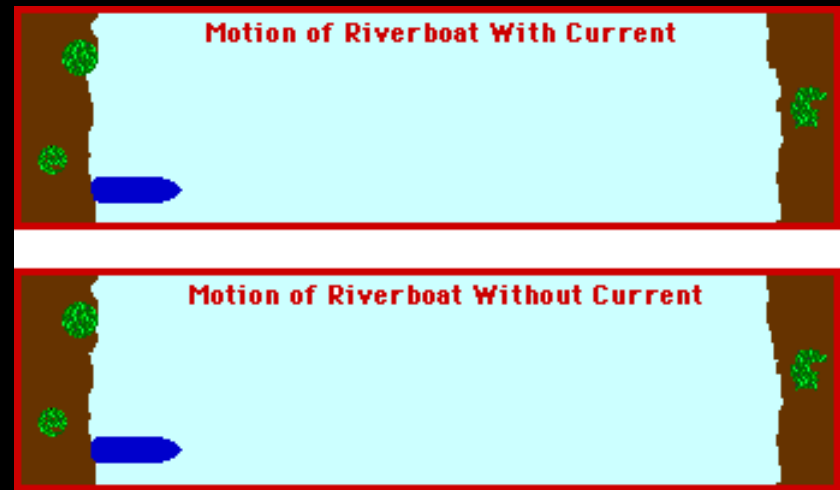
V.2.b. A mű felépítése: axiómák (b)

- az erő és a gyorsulás arányossága: „*A mozgás megváltozása arányos a külső, mozgóató erővel, és annak az egyenesnek az irányában megy végbe, amelyben ez az erő hat.*”
- hatás-ellenhatás: „*A hatással mindig egyenlő nagyságú és ellentétes visszahatás áll szemben; más szóval: két testnek egymásra gyakorolt kölcsönös hatása mindig egyenlő és ellentétes irányú.*”

V.3. A mű felépítése: származékos tételek

- Korolláriumok

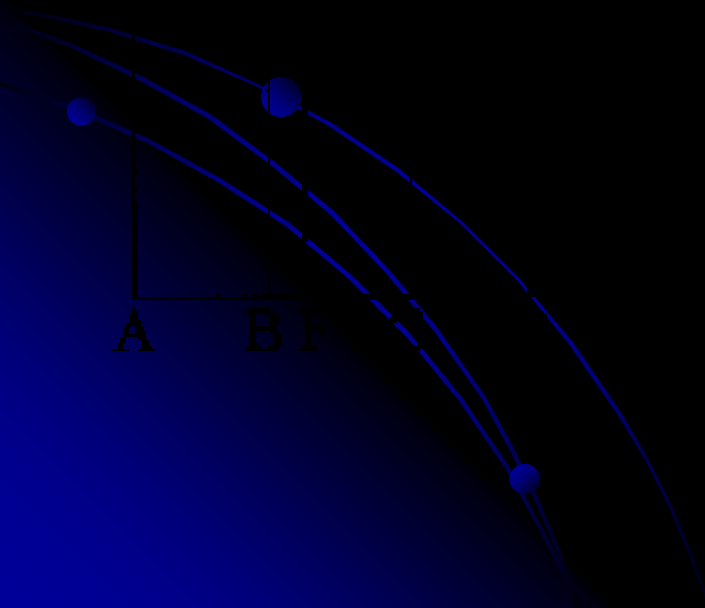
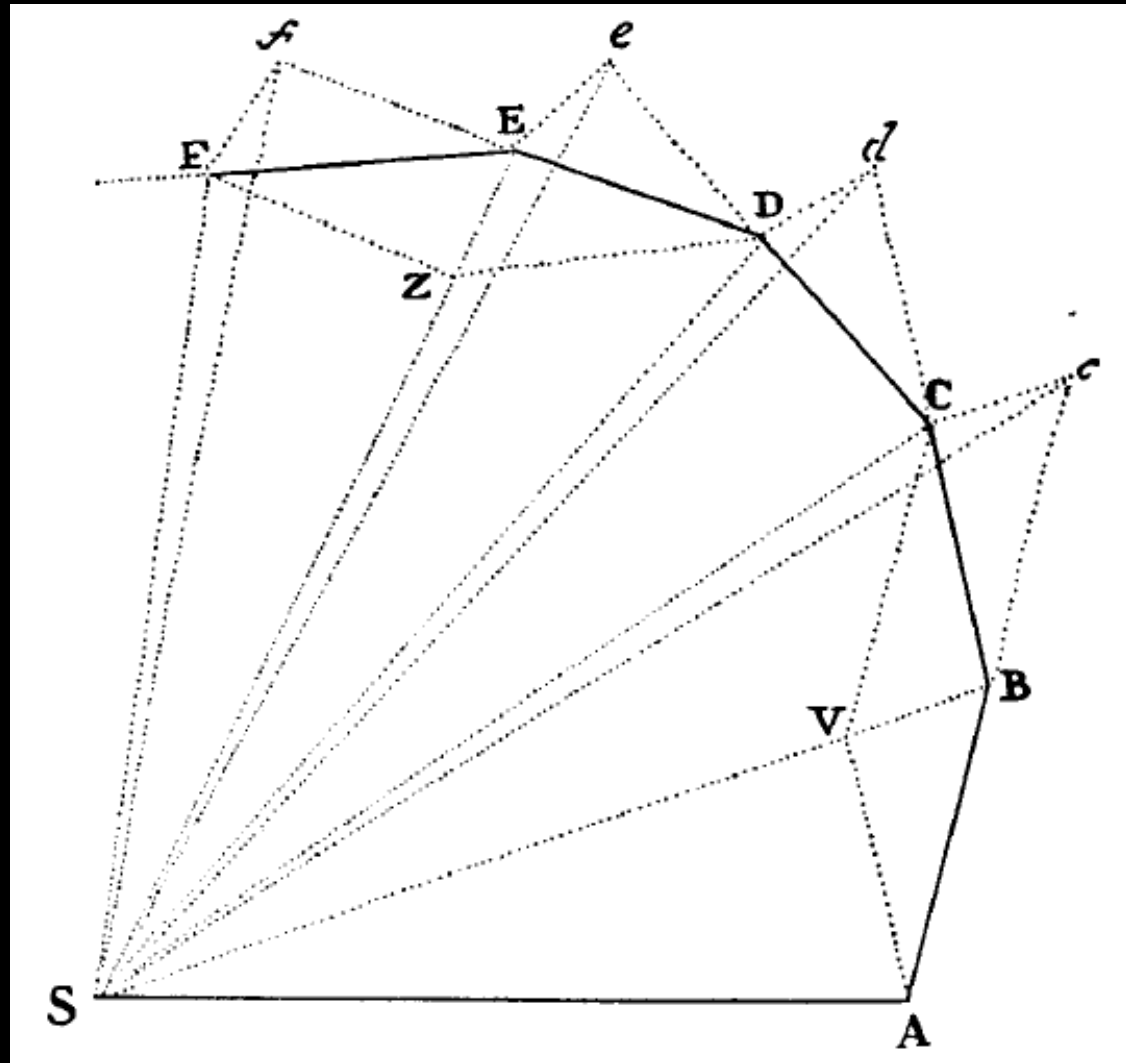
- paralelogramma szabály: *„Két erő együttes hatására a test egy paralelogramma átlója mentén mozog ugyanannyi ideig, mint ameddig az erők külön előidézett hatására az oldalak mentén.”*



V.4.a. A mű felépítése: A testek mozgásáról I. könyv (a)

- Segédtételek (lemmák):
 - „Legyen az Aa , AE egyenesek és az acE görbe vonal által határolt $AacE$ ábra tetszőleges számú Ab , Bc , Cd stb. paralelogramma. Ezek AB , BC , CD stb. alapjai egyenlők és Bb , Cc , Dd stb. oldalai párhuzamosak az Aa egyenessel. Szerkesszük meg az $aKbl$, $bLcm$, $cMdn$ stb. paralelogrammákat. Ha ezeknek a paralelogrammáknak csökken a szélessége, és ugyanakkor számuk a végtelen felé tart, akkor végül is a beírt $AKbL-cMdD$, a körülírt $AalbmcndoE$ és a görbe vonalú $AabcdE$ ábrák megegyeznek.”

V.4.b. A mű felépítése: A testek mozgásáról I. könyv (b)



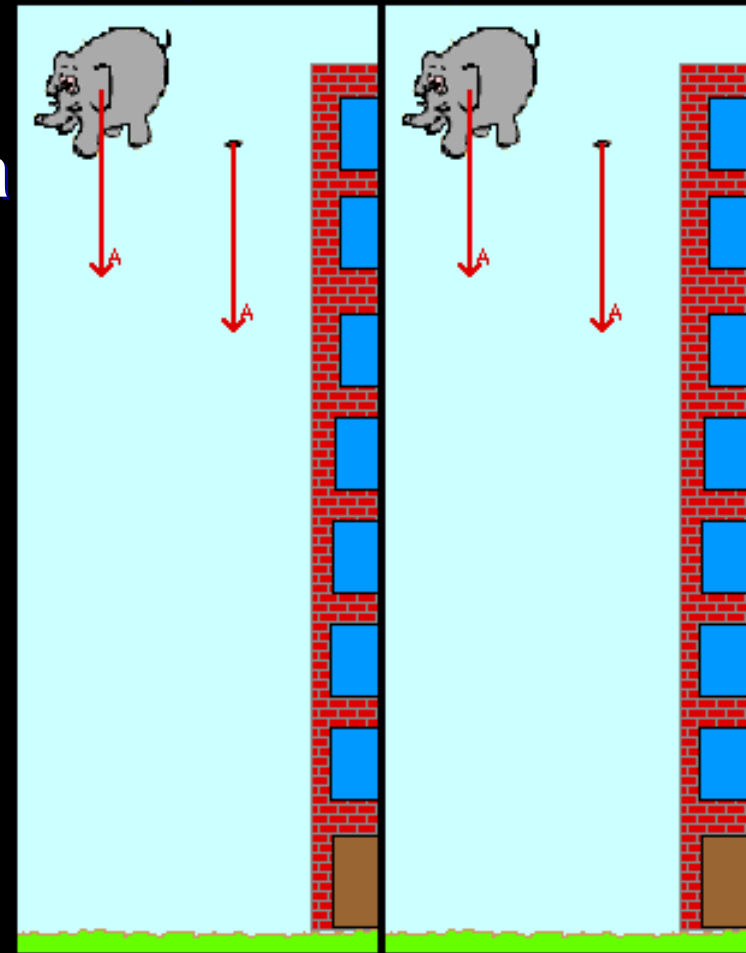
V.5.a. A mű felépítése: II., III. könyv (a)

- II. könyv: a testek mozgása anyagi közegben

- mozgás ellenálló közegben
- hidrosztatika és hidrodinamika
- hullám- és örvénylő mozgás
 - Descartes örvényelmélete ellen

- III. könyv: a világ rendszeréről

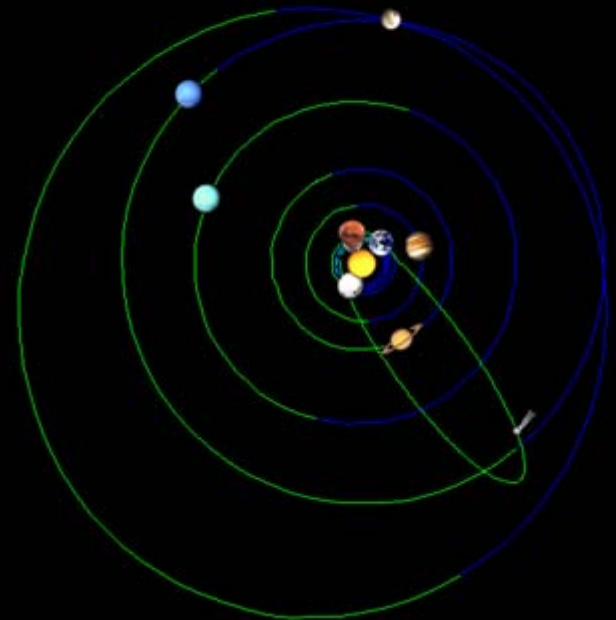
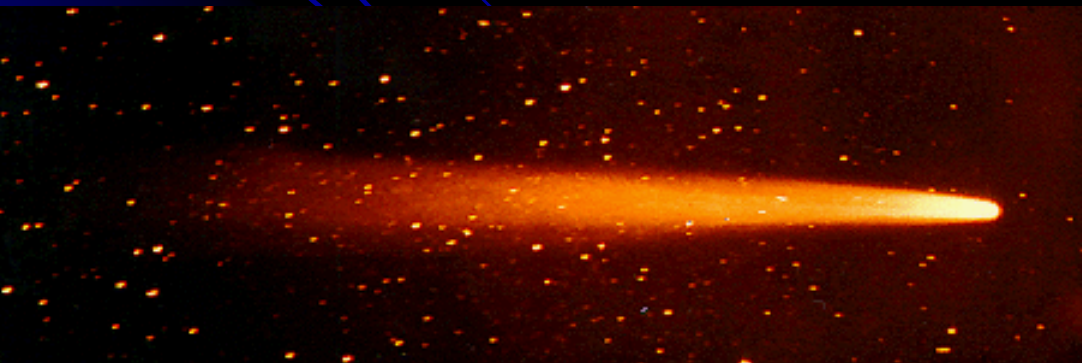
- általános tömegvonzás
 - az égitestek mozgása
 - a földi nehézkedés



V.5.b. A mű felépítése: III. könyv

(b)

- kinematikai helyett dinamikai leírás
 - Kepler-törvények
 - a Hold mozgásai
 - precesszió
 - a Föld alakja
 - árapály-jelenség
 - az üstökösök



V.5.c. A mű felépítése: III. könyv (c)

- általános magyarázó jegyzetek (2. kiadás)
 - a bolygók kezdetben nem a gravitáció miatt kerültek a pályáikra
 - a Naprendszer egy intelligens és hatalmas lény – az Úr – tervezte és irányítja, aki mindig és mindenhol létezik
 - Még nem voltam képes levezetni a jelenségekből a gravitáció ezen tulajdonságainak okait, és „*Hypotheses non fingo!*”
 - ‘spirit’ probléma: kohézió, elektromosság, fény, idegek