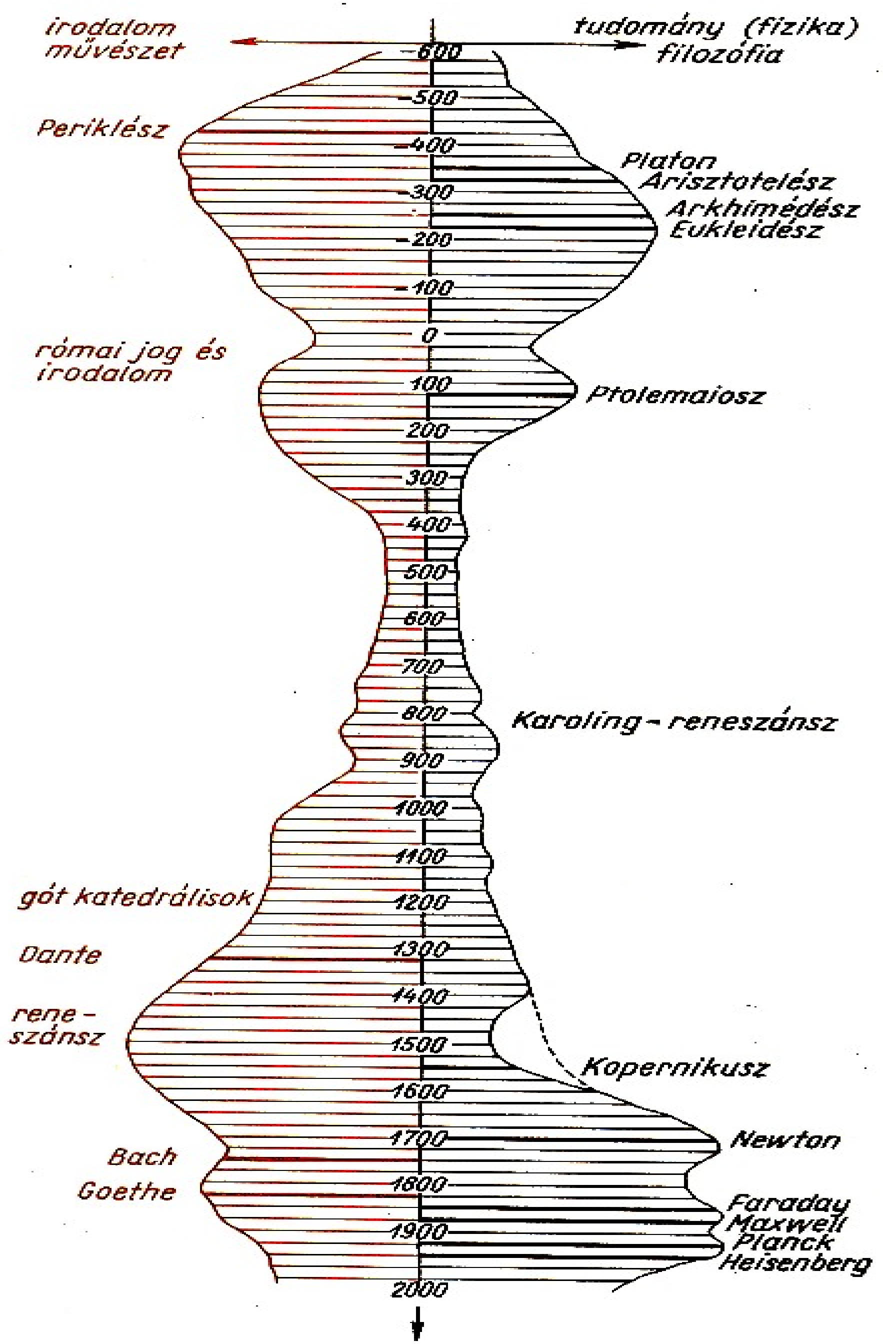
A fizika története

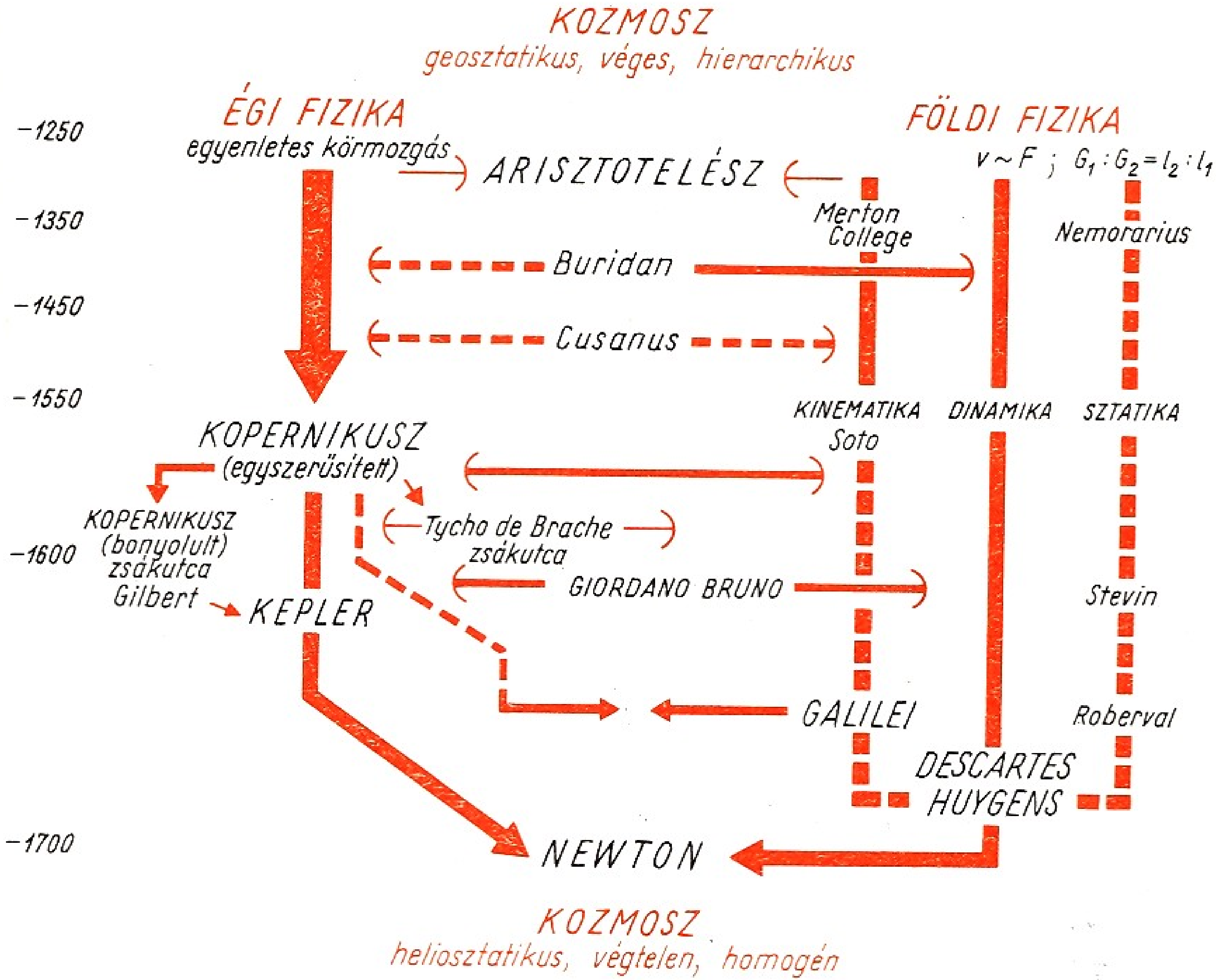
(GEFIT555B, 2+0, 2 kredit)
2009/2010. tanév, 1. félév

Dr. Paripás Béla

3. Előadás (2009.09.29.)

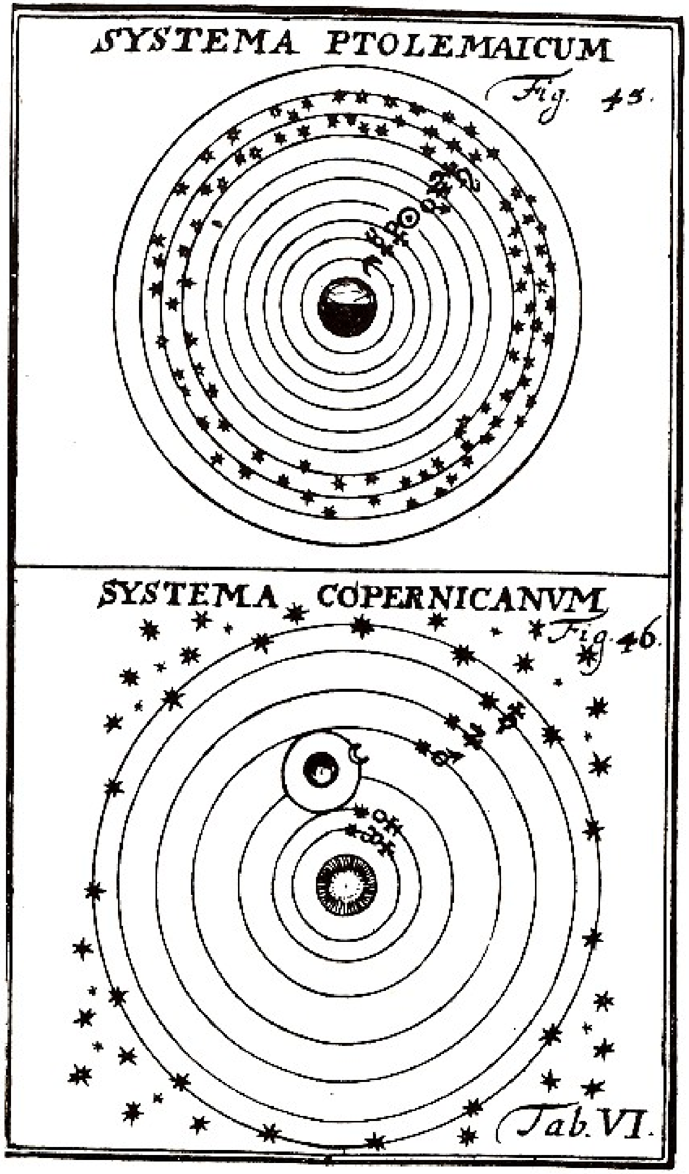


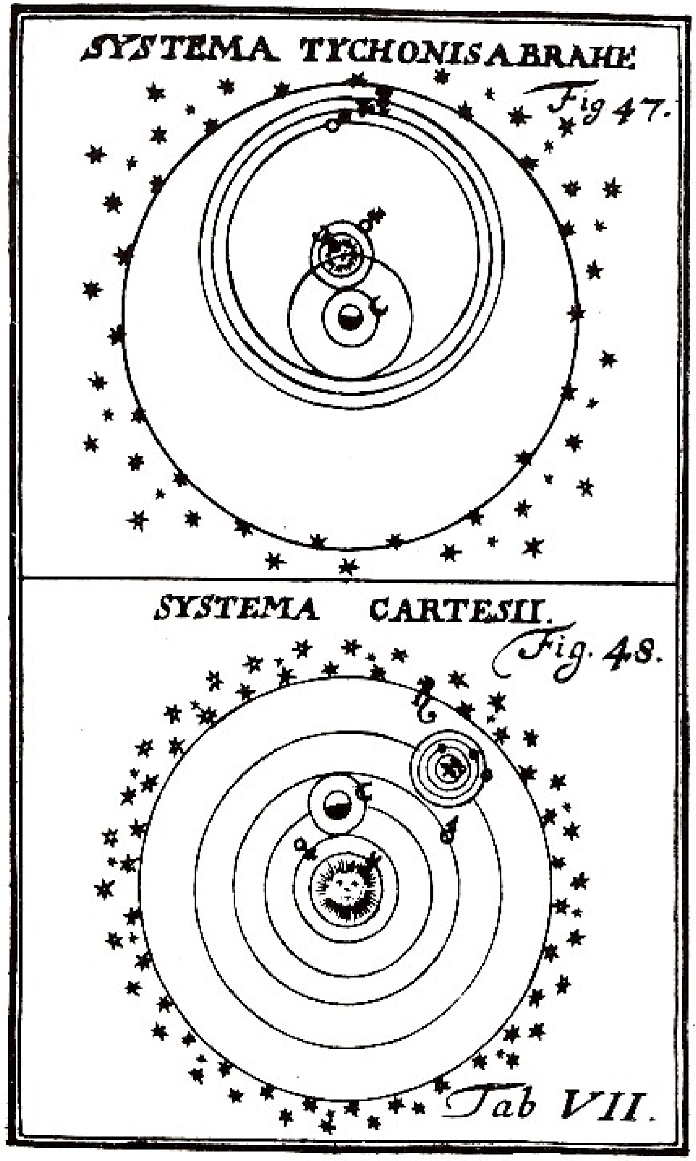
Az intellektuális tevékenység intenzitásának idődiagramja



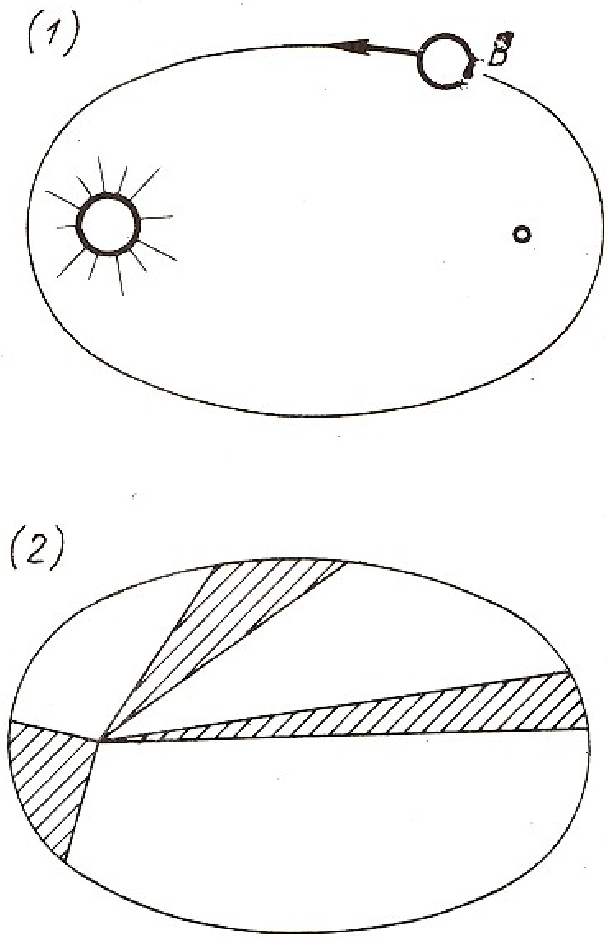
KOZMOSZ
geosztatikus, véges, hierarchikus
ÉGI FIZIKA
egyenletes körmozgás
FÖLDI FIZIKA
$v \sim F$; $G_1 : G_2 = l_2 : l_1$
-1250
ARISZTOTELÉSZ
Merton College
Nemorarius
-1350
Buridan
-1450
Cusanus
-1550
KINEMATIKA
DINAMIKA
SZTATIKA
KOPERNIKUSZ
(egyszerüsitett)
Soto
KOPERNIKUSZ
(bonyolult)
zsákutca
Tycho de Brache
zsákutca
-1600
GIORDANO BRUNO
Stevin
Gilbert
KEPLER
GALILEI
Roberval
DESCARTES
HUYGENS
-1700
NEWTON
KOZMOSZ
heliosztatikus, végtelen, homogén

Ismétlés


SYSTEMA PTOLEMAICUM
Fig. 45.
SYSTEMA COPERNICANVM
Fig. 46.
Tab. VI.


SYSTEMA TYCHONIS ABRAHE
Fig 47.
SYSTEMA CARTESII.
Fig. 48.
Tab VII.

Ismétlés



3.2—21 ábra
Kepler első és második törvénye

Kepler harmadik törvénye:
A keringési idők négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a középnaptávolságok köbei.

Ismétlés

Galilei egész életében a heliocentrikus világkép híve.

Az általa épített távcsővel vizsgálja:

- A Hold felszínét, megméri hegyeinek magasságát.
- A bolygók (Vénusz) fázisait.
- A napfoltokat.
- Felfedezi a Jupiter négy holdját.
- Felismeri a Tejút szerkezetét.

Ismétlés

Galilei a kinematika atyja.

- Az egyenletes mozgás mint állapot
- A Galilei-féle relativitási elv: minden állandó sebességgel mozgó rendszer egyenértékű a mechanikai mozgások szempontjából.
- Galilei lejtős kísérletei: nem a Pisa-i ferde toronyból

  a mérések pontossága nem érdekelte
- Az egyenletesen változó mozgás leírása, a négyzetes úttörvény.
- Az elhajított testek parabola pályája.

DE BEGHINSELEN DER WEEGHCONST BESCHREVEN DUER SIMON STEVIN van Brugghe.

TOT LEYDEN,
Inde Druckerye van Christoffel Plantijn,
By Françoys van Raphelinghen.
CIↃ. IↃ. LXXXVI.

sur P, reposé aussi sur L, & partant comme GO à GP, ainsi seront les pesanteurs qui reposent sur I & H.

Conclusion. Une colomne donc reposant, &c.

COROLLAIRE.

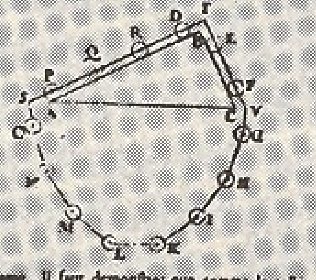
Il est manifeste par ce que devant, que voulant recognoistre la raison de la pesanteur reposant sur I, à celle qui repose sur H, qu'on doit à ceste fin mener les perpendiculaires KL, MN, coupant l'axe es poincts O, P, & que la raison de GO à GP sera la requise, ainsi donc, lors que la pesanteur de la colomne est notoire, qu'aussi seront les pesanteurs de celles qui reposent sur chacun poinct, tel que H, I.

JUSQUES ICY ONT ESTE declarees les proprietez des pesanteurs directes, suivent les proprietez & qualitez des obliques, desquelles le fondement general est compris au Theoreme suivant.

THEOREME XI. PROPOSITION XIX.

Si un triangle, a son plan perpendiculaire a l'horizon, & sa base parallele a iceluy, & sur un chacun des deux autres costez un poids spherique, de pesanteur egale, comme le costé dextre du triangle, au senestre, ainsi la puissance du poids senestre, a celle du poids dextre.

Le donné. Soit ABC un triangle ayant son plan perpendiculaire à l'horizon, & la base AC parallele à iceluy horizon: & soit sur le costé AB (qui est double à BC) un poids en globe D, & sur BC un autre E, egaux en pesanteur & en grandeur.



Le requis. Il faut demonstrer que comme le costé AB 2 au costé BC 1, ainsi la puissance ou pouvoir du poids E à celle de D.

Preparation. Soit accommodé à l'entour du triangle un entour de 14 globes, egaux en pesanteur, en grandeur, & equidistans, comme D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, R, enfilez d'une ligne passant par leurs centres, ainsi qu'ils puissent tourner sur leurs susdits centres, & qu'il y puisse avoir 2 globes sur le costé BC, & 4 sur BA, alors comme ligne à ligne, ainsi le nombre des globes au nombre des globes: qu'aussi en S, T, V, soyent trois poincts fermes, dessus lesquels la ligne, ou le filet puisse couler, & que les deux parties au dessus du triangle soyent paralleles aux costez d'iceluy AB, BC, tellement que le tout puisse tourner librement & sans accrochement, sur lesdits costez AB, BC.

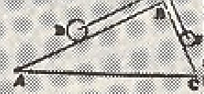
DEMONSTRATION.

Si le pouvoir des poids D, R, Q, P, n'estoit egal au pouvoir des deux globes E, F, l'un costé sera plus pesant que l'autre, donc (s'il est possible) que les 4 D, R, Q, P, soyent plus pesans que les deux E, F, mais les 4 O, N, M, L, sont egaux aux 4 G, H, I, K, parquoy le costé des 8 globes D, R, Q, P, O, N, M, L, sera plus pesant selon leur disposition, que non pas les 6, E, F, G, H, I, K, & puis que la partie plus pesante emporte la plus legere, les 8 globes descendront, & les autres 6 monteront: Qu'il soit ainsi donc, & que D vienne, ou O est presentement, & ainsi des autres; voire que E, F, G, H, viennent, où sont maintenant P, Q, R, D, aussi I, K, où sont maintenant E, F: Ce neantmoins l'entour des globes aura la mesme disposition qu'auparavant, & par mesme raison les 8 globes auront le dessus en pesanteur, & en tombant feront revenir 8 autres en leurs places, & ainsi ce mouvement n'auroit aucune fin, ce qui est absurde. Et de mesme sera la demonstration de l'autre costé: La partie donc de l'entour D, R, Q, P, O, N, M, L, sera en equilibre avec la partie E, F, G, H, I, K; que si on oste des deux costez, les pesanteurs egales, & qui ont mesme disposition, comme sont les 4 globes O, N, M, L, d'une part, & les 4, G, H, I, K, d'autre part; les 4 restans D, R, Q, P, seront & demeureront en equilibre avec les 2 E, F, parquoy E aura un pouvoir double au pouvoir de D, comme donc le costé BA 2, au costé BC 1, ainsi le pouvoir de E, au pouvoir de D.

Conclusion. Si un triangle donc a son plan, &c.

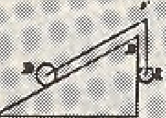
COROLLAIRE I.

Soit ABC un triangle comme devant, & AB double à BC, & soit D un globe sur AB, double à E, qui est sur BC, en F soit un poinct ferme, par dessus lequel la ligne DFE puisse couler sans empeschement, ainsi que DF, FE soyent paralleles aux costez du triangle ABC, procedantes des centres des globes, il appert que D, E seront encor en equilibre, puis que cy-dessus P, Q, R, D, s'esgoyent à E, F, parquoy comme AB à BC, ainsi le globe D au globe E.



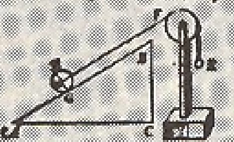
COROLLAIRE II.

Soit maintenant l'un des costez du triangle, comme BC (qui est moitié de l'autre AB) perpendiculaire à AC, comme cy joignant, le globe D, qui est double à E, sera encor en equilibre avec E, car comme le costé AB à BC, ainsi le globe D au globe E.



COROLLAIRE III.

Soient derechef les mesmes posées, mais au lieu du poinct ferme F, soit adaptée une poulie comme icy, ainsi que DF demeure parallele à AB, & que E soit un



poids de quelle figure que ce puisse estre, egal en pesanteur à celuy de devant; iceluy avec D, seront encor en equilibre. parquoy comme AB à BC, ainsi D à E.

COROL-

Newtonon innen, Galilein túl, avagy a „géniuszok évszázada” (a XVII. sz.)

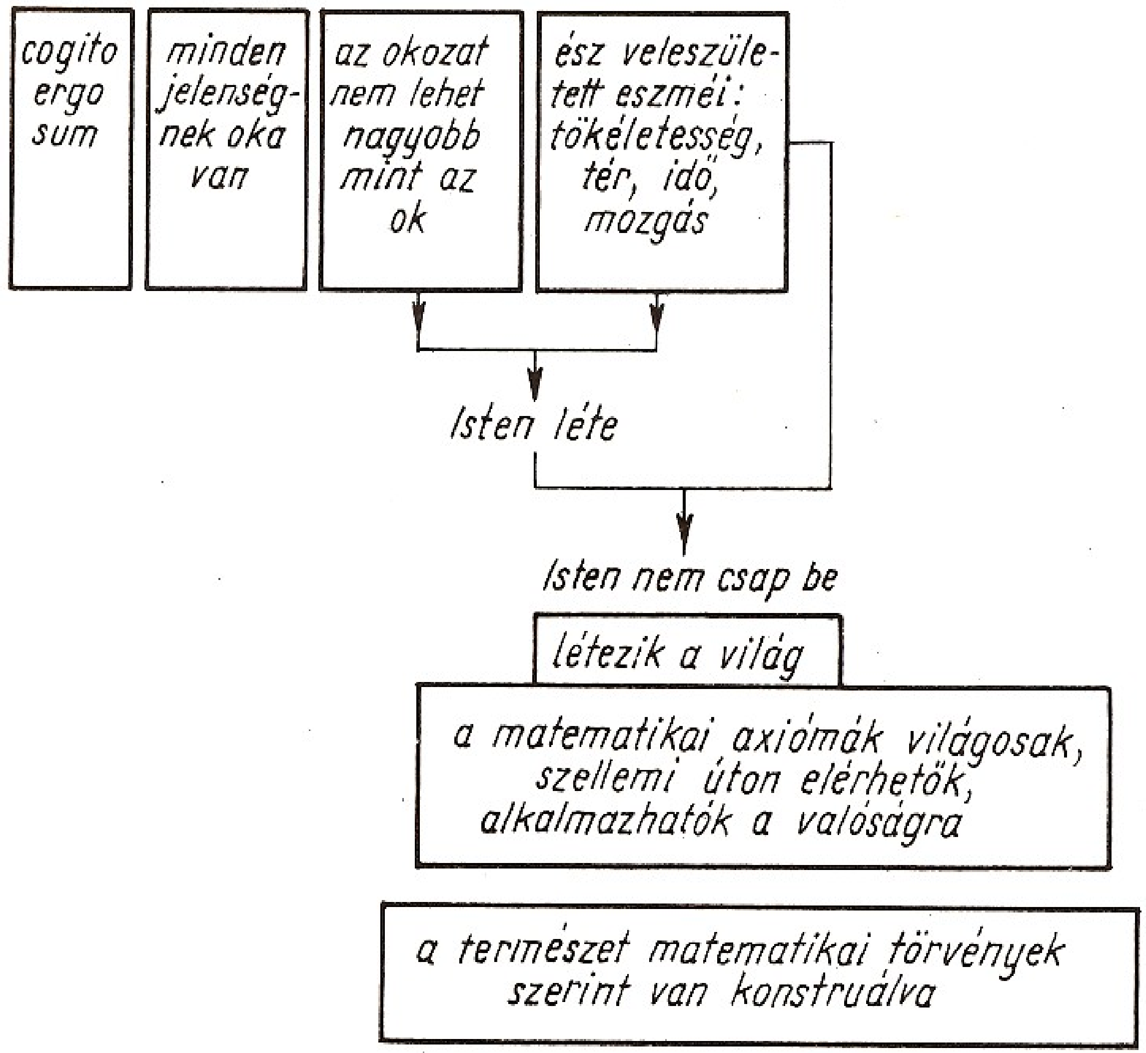
Galilei (1564-1642)
(Kepler (1571-1630))
Descartes (1596-1650)
Fermat (1601-1665)
Torricelli (1608-1647)
Pascal (1623-1662)
Mariotte
Boyle (1627-1691)
Huygens (1629-1695)
Newton (1642-1727)

itthon: Pázmány Péter (1570-1637)
Comenius (Komensky) (1592-1670)
Sárospatak !
Apáczai Csere János

RENÉ DESCARTES (1596–1650) La Haye-ban, Tourainban született. Apja – elszegényedett nemes – jogász volt. Nyolc éves korától 16 éves koráig La Flèche-ben tanult a jezsuiták iskolájában. 1617-ben Hollandiában, Bredában a katonai iskolánál szolgált mint önkéntes. Ezután beutazta Európát. 1619-ben a bajor herceg hadseregében találjuk; ekkor egy hideg novemberi napon egy jól fűtött kályha mellett fogant agyában az új filozófia alapgondolata. 1623-ban beutazta Itáliát. Nincs nyoma annak, hogy szándéka lett volna *Galileit* meglátogatni. 1629-ben, hogy munkájához békés környezetet találjon, Hollandiába költözött. 1629 és 1633 között dolgozta ki világrendszerét. Műve, a *Le Monde ou traité de la lumière*, nem jelent meg. *Descartes* ugyanis értesült *Galilei* elítéléséről, és ezért nem merte művét nyilvánosságra hozni. Eredeti formájában sohasem jelent meg, de későbbi műveibe sok gondolatát beledolgozta. Halála után jelent meg az 1628-ban írt műve, a *Regulae ad directionem ingenii*. 1637-ben jelent meg a *Discours de la Méthode*, majd a *Meditationes de Prima Philosophia* (1641) és végül a *Principia Philosophiae* 1644-ben. Utolsó munkája a *Traité des passions de l'Ame* (1649). 1649-ben *Krisztina* svéd királynő meghívására *Stockholm*ba költözött. Szervezete nem bírta a hideg éghajlatot, a következő évben tüdőgyulladást kapott és meghalt

A képünkön *Descartes Krisztina* királynőnek magyarázza filozófiáját — hajnali 5 órakor: erre az időre tűzte ki a királynő a filozófiai foglalkozások kezdetét. *Descartes* gyenge egészségű volt, így még La Flèche-ben is megengedték neki a jezsuita atyák, hogy késő délig az ágyban maradhasson. Életrendjének ez a felborítása is hozzájárulhatott korai halálához.

Descartes filozófiája: csak a nyilvánvaló igazságokat fogadjuk el, ne higgyünk el semmit a régi könyveknek



Descartes mozgástörvényei:

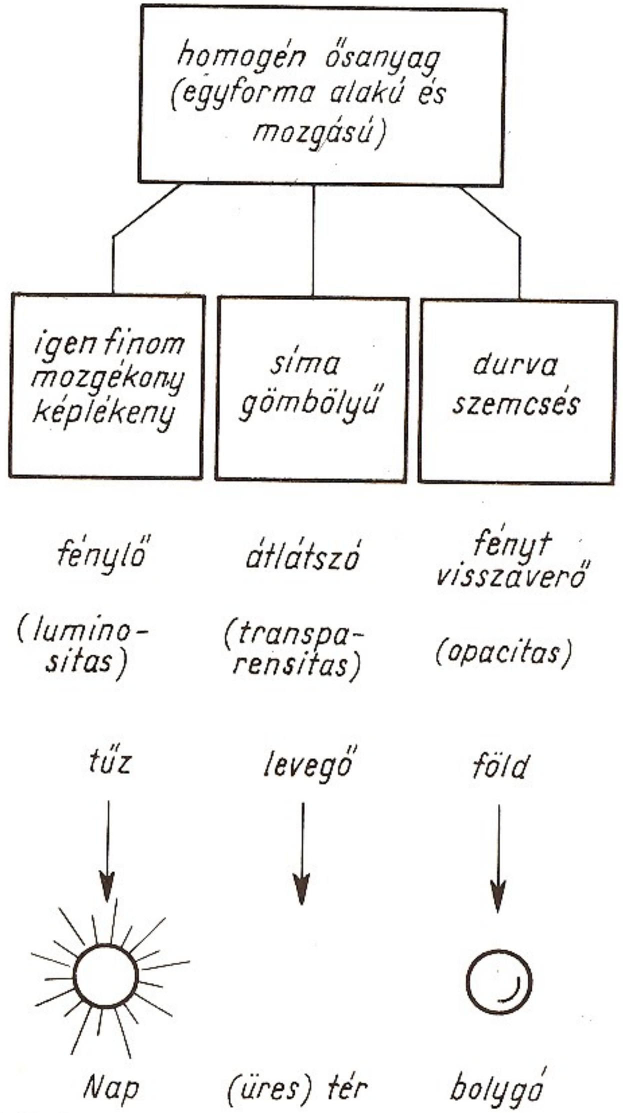
1. Egy test nyugalomban marad mindaddig, ameddig valamely hatás nem éri; egy mozgó test változatlan sebességgel folytatja mozgását mindaddig, míg valamivel nem találkozik ami ezt a mozgást megváltoztatja (mint Galileinél).

2. Minden mozgó test egyenes vonalban igyekszik mozgását folytatni (a körmozgás nem természetes mozgás).

3. Ütközési törvények (mert hatás szerinte csak ütközéssel lehetséges).

   Sajnos ezek többnyire hibásak (a 8 szabálya közül egy jó, 3 akár helyesen is értelmezhető, 4 egyértelműen hibás).

Descartes kozmogóniája:
A Földi és égi jelenségek fizikája egyezik.

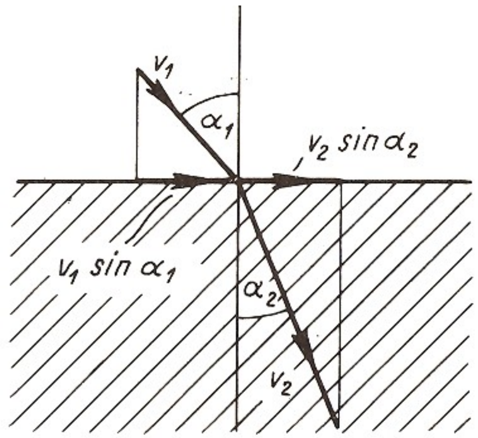


3.4–9 ábra
Descartes három „alap"-anyaga

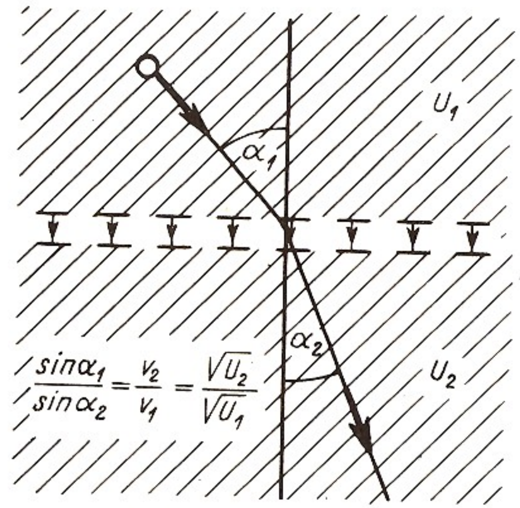
A Snellius-Descartes törvény.
Előzmények: Ptolemaiosz, Alhazen, Kepler (az i/r = n törvény kis szögekre jól teljesül)

A törvény helyes : $\dfrac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = n_{2,1}$

Az indoklás az érintőirányú sebességek egyenlősége alapján hibás: a fény sebessége a valóságban a közegben a kisebb.
Az elektronoptikában az indoklás is helyes lenne.

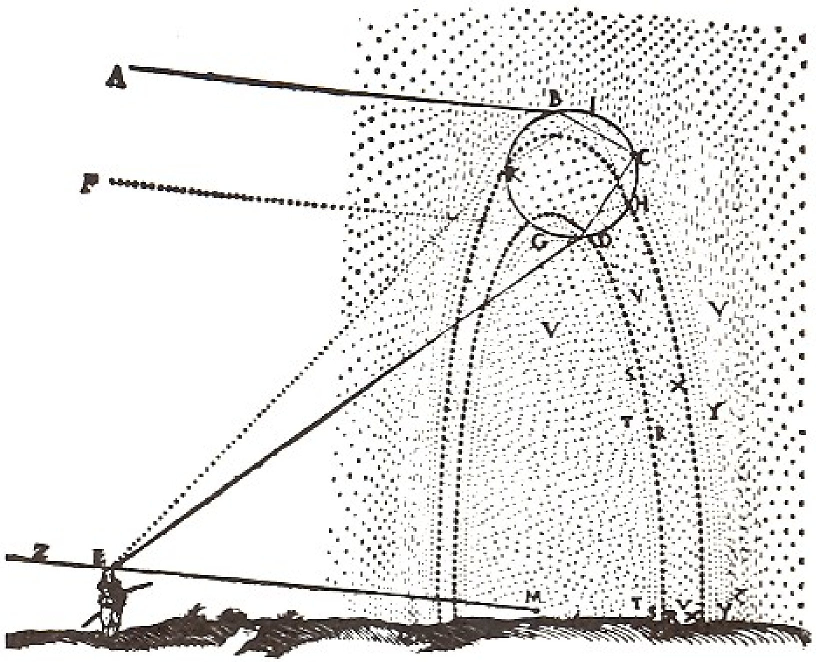


3.5—5 ábra
A téréstörvény levezetéséhez elég azt feltételeznünk, hogy a sebességnek a felülettel párhuzamos komponense nem változik

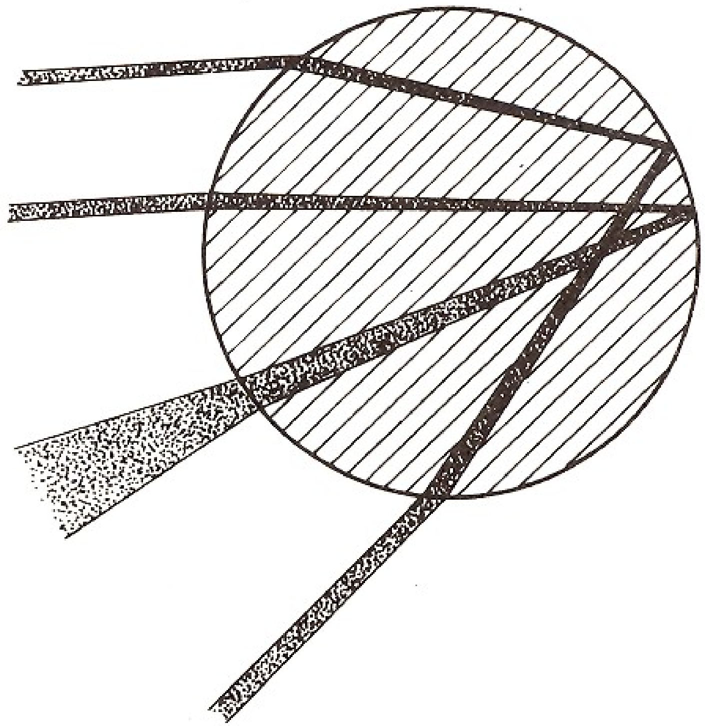


3.5—6 ábra
Az elektron pályája kettős rétegen áthaladva törést szenved. A töréstörvényből az optikai törésmutató és a potenciálból vont gyök analógiájára következtetünk

Descartes egyik legnagyobb teljesítménye a szivárvány létrejöttének helyes magyarázata.

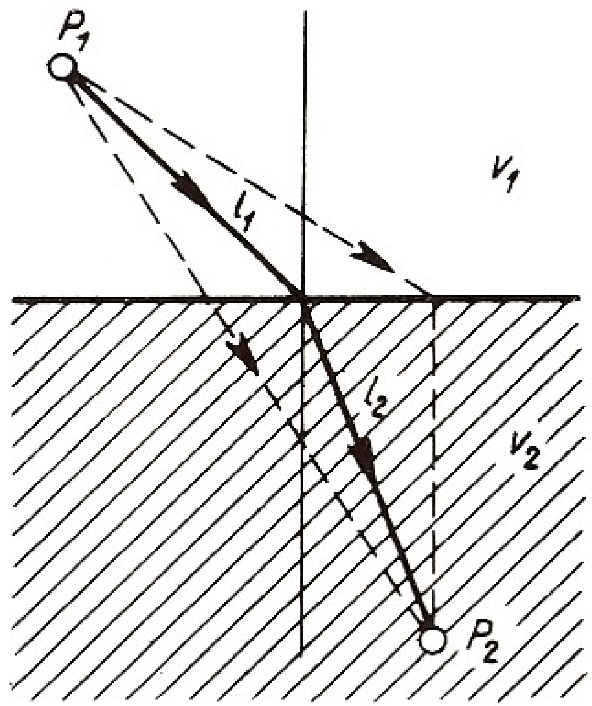


3.5—9 ábra
A szivárvány létrejöttének magyarázata *Descartes* szerint. A főív egyszeres, a mellékív kétszeres belső reflexió után jön létre



3.5—10 ábra
Csak azok a sugarak maradnak párhuzamosak, amelyek a kilépés után 42° szöget zárnak be a belépő sugárral

A Fermat-elv (1662):
egy megadott pontból egy másik megadott pontba a fény a geometriailag lehetséges utak közül azt a pályát követi, amelyet a legrövidebb idő alatt fut be.
Következmény: ebből is levezethetők a visszaverődés és a törés törvényei, de most (helyesen) a fény sebessége a vákuumban a legnagyobb.
(Sajnos a világ nem neki hitt még kb. 200 évig.)



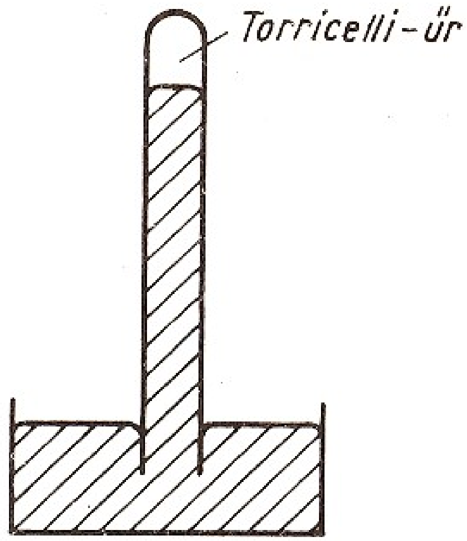
3.5–12 ábra
A minimális ideig tartó út megkeresése. A P_1P_2 egyenes a legrövidebb út, de ebből a rövid útból viszonylag sok esik a sűrűbb közegre, ahol a fény lassabban mozog

Vákuum és légnyomás:

Descartes: erőhatás csak kontaktus által, nincs vákuum.

1643: a híres Torricelli-kísérlet

Kérdés: mi tölti ki a Torricelli-űrt? Valóban vákuum, vagy az „üvegből beszivárgó tűz”?

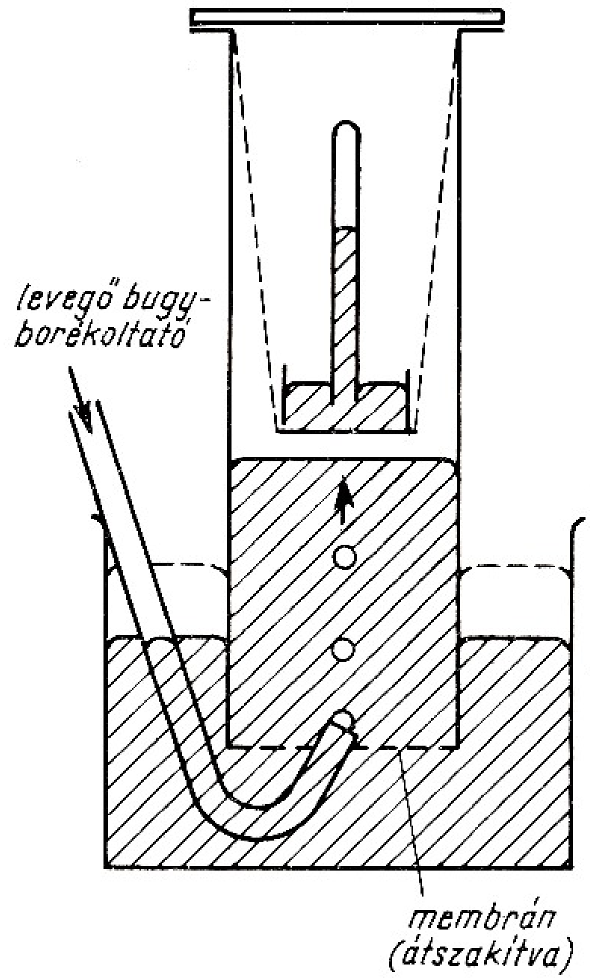


3.5—15 ábra
Toricelli kísérlete

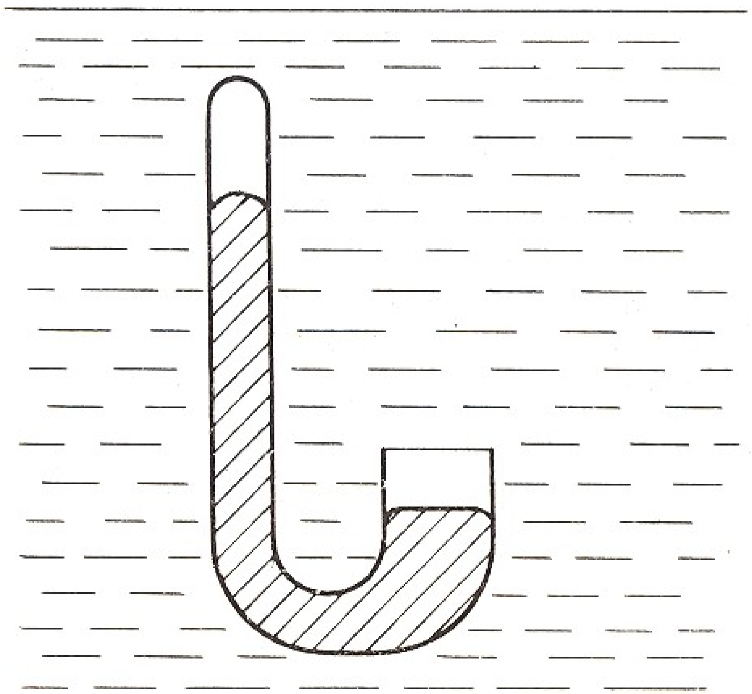
Pascal „űr az űrben” kísérlete: a kis Torricelli-berendezés lényegében egy barométer (az első barométer).

A kezdetben nulla nyomást a bebugyborékoltatott levegő emeli meg, nem a „horror vacui”.

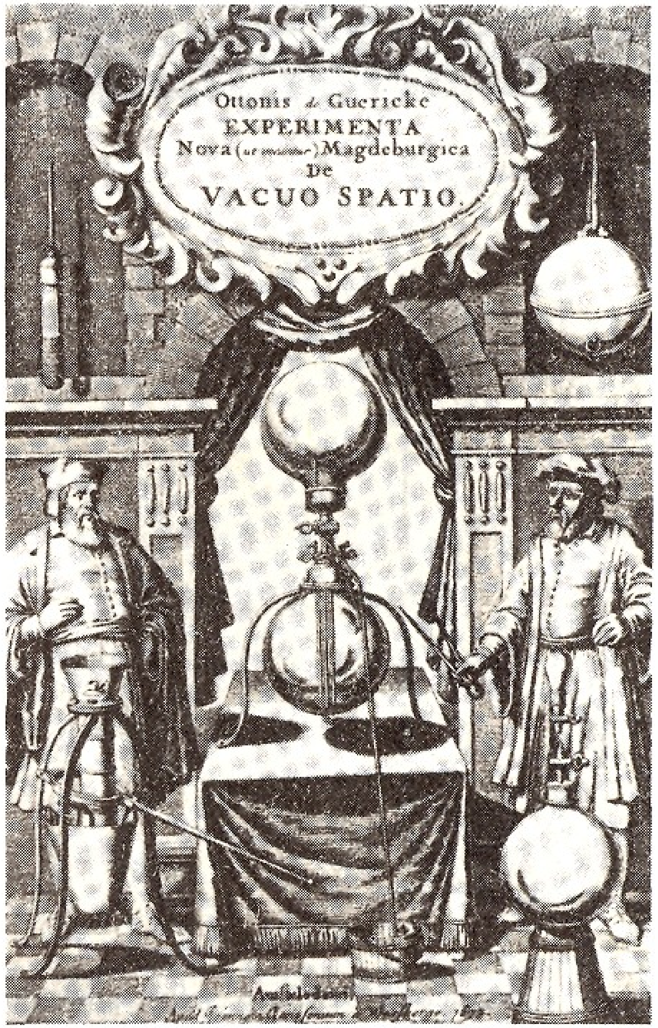
Későbbi kísérlete: a nyomás a hegy tetején kisebb, mint a hegy lábánál.



3.5–16 ábra
Az „űr az űrben” kísérlet sémája



3.5–17 ábra
Mariotte kísérlete a külső nyomás szerepének tisztázásához: a barométert különböző mélységekbe helyezi

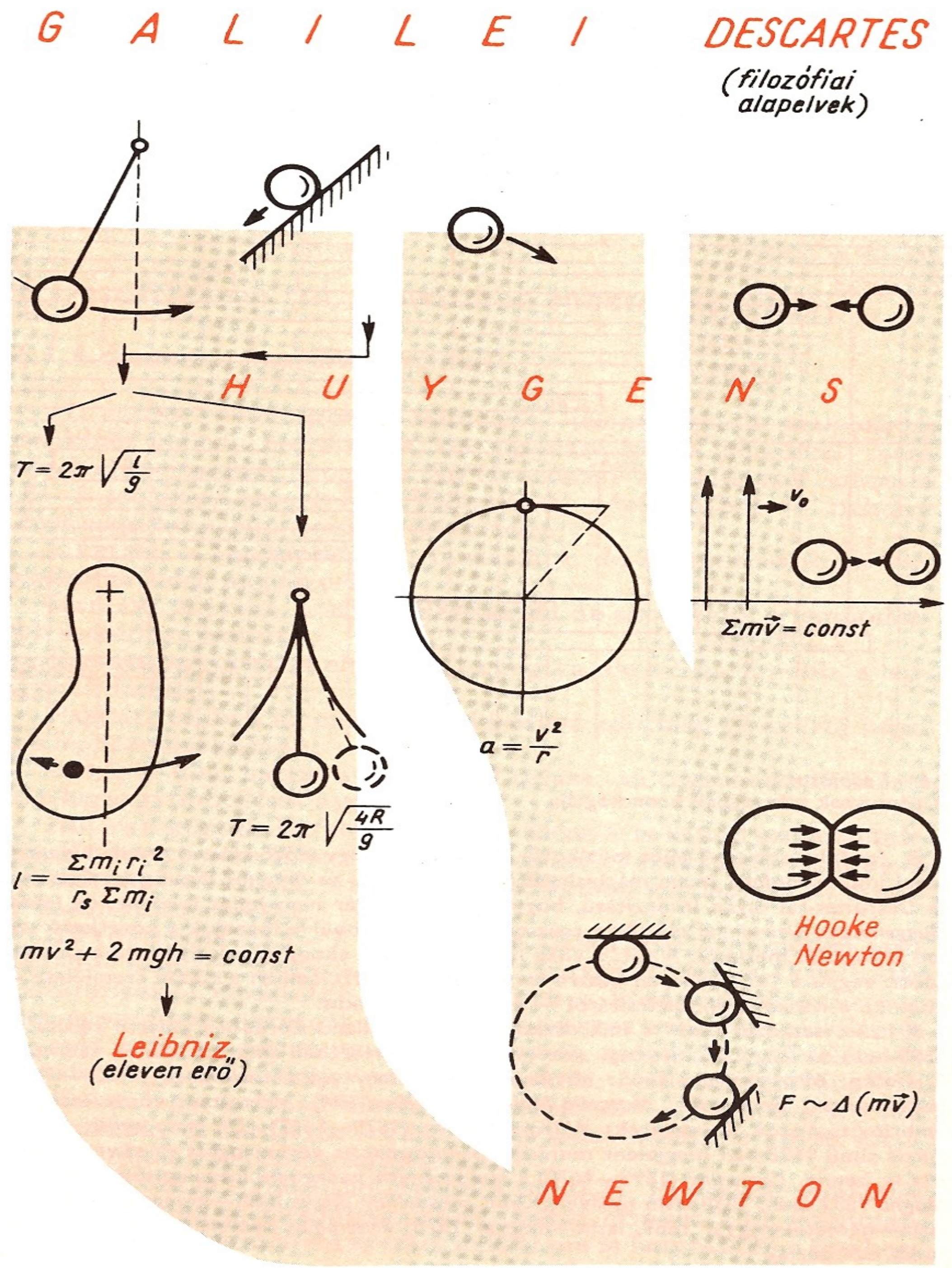


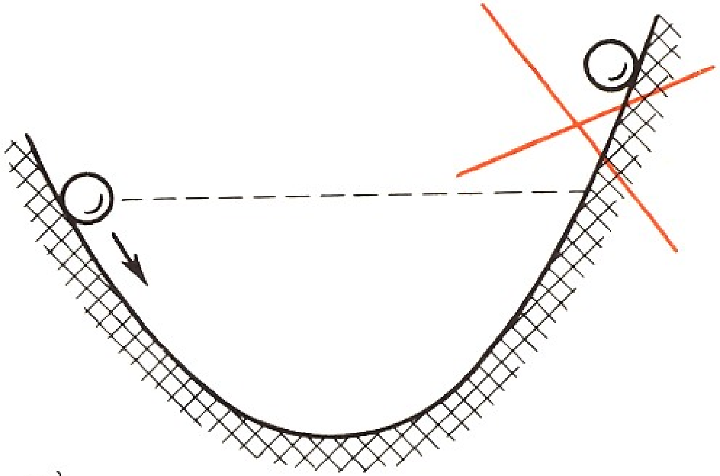
3.5–18 ábra
Guericke könyvének címlapja

Kezdő lépések a ma kémiája felé.
Atomelmélet – ateizmus (a megváltoztathatatlan atomok kizárják az isteni beavatkozást).
Boyle: az arisztotelészi négy elem tarthatatlan (1661 Sceptical Chemist).
A korpuszkuláris elmélet összeegyeztethető a vallással.
„Az aranycsinálás”.

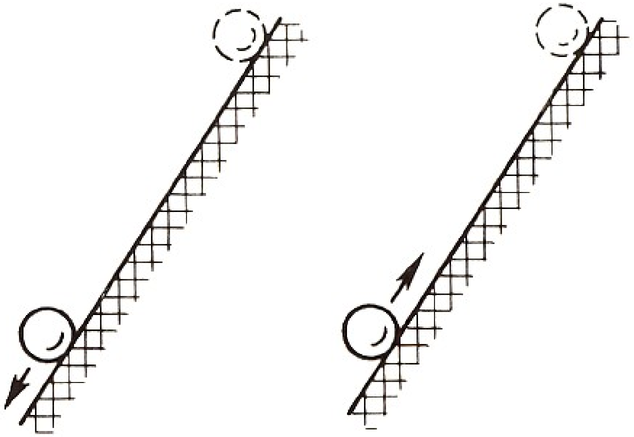
3.6—1 ábra

CHRISTIAN HUYGENS (1629—1695) Hágában született. Apja — neves politikus, nyelvész, zenész, matematikus — volt az első tanítója. Jogi diplomát szerzett, de korán elkezdett matematikával is foglalkozni. Első matematikai eredményét 17 éves korában érte el. 28 éves korában a kúpszeletek területmeghatározásáról értekezett (*Cyclometriae*, 1651), 25 éves korában a π addig ismert legjobb közelítését adta meg (*De circuli magnitudine inventa*, 1654), majd valószínűségszámítással is foglalkozott. Szereplését a fizikában a testvérével együtt épített távcsővel végzett asztronómiai vizsgálatokkal kezdte. Felfedezte a Szaturnusz gyűrűjét, egy bolygóját (*Systema Saturnium*), az Orion-ködöt. Ezen vizsgálatai közben felmerült a pontos idő mérésének szükségessége. 1657-ben megkonstruálja az ingaórát. Ettől kezdve intenzíven foglalkozik az állandó lengési idejű cikloidális ingák problémájával. Eredményeit — mint általában, ebben az esetben is — nagy időkéséssel publikálja (*Horologium oscillatorium*, 1673). Másik igen jelentős munkája, a *De Motu corporum ex percussione* csak halála után, 1703-ban jelent meg, bár eredményeinek összefoglalását 1669-ben a Royal Societynek bemutatta. Legismertebb munkája a *Traité de la lumière* (1690). Megjelenésének késését előszavában meg is indokolja: várta, hogy ideje lesz a tudomány nyelvére, latinra lefordítani.


G A L I L E I
DESCARTES
(filozófiai alapelvek)
H U Y G E N S
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
$\Sigma m\vec{v} = const$
v_0
$a = \frac{v^2}{r}$
$T = 2\pi\sqrt{\frac{4R}{g}}$
$l = \frac{\Sigma m_i r_i^2}{r_s \Sigma m_i}$
$mv^2 + 2\,mgh = const$
Leibniz
(eleven erő")
Hooke
Newton
$F \sim \Delta(m\vec{v})$
N E W T O N



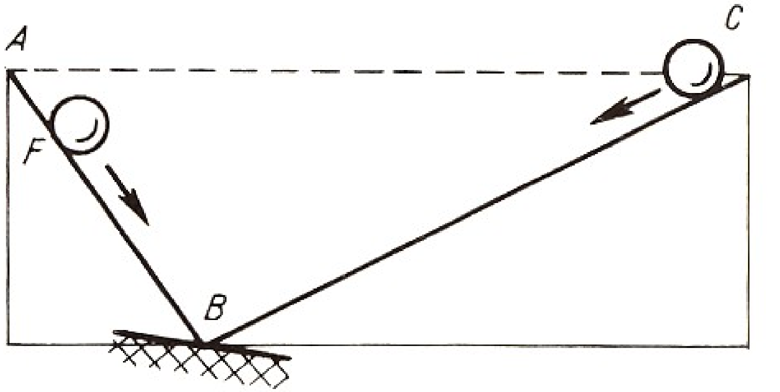
a)



b)

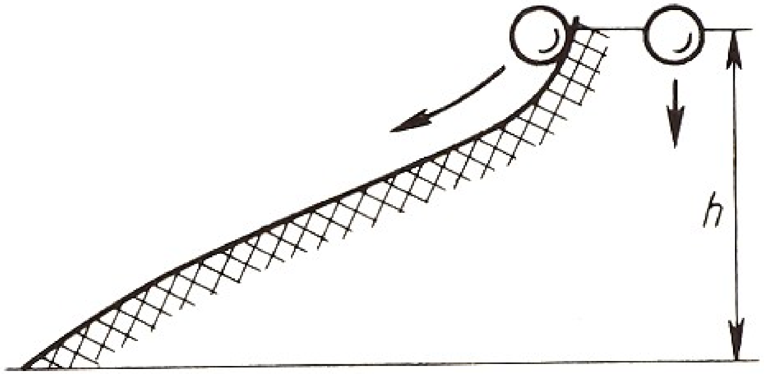
3.6–3 a, b ábra

Huygens két alapfeltevése: *a)* a testek súlypontja saját súlyuk hatására végbemenő mozgás eredményeképpen sohasem kerülhet a kiinduló állapoti helyzetnél feljebb, *b)* a mozgások megfordíthatók



3.6–3 c ábra

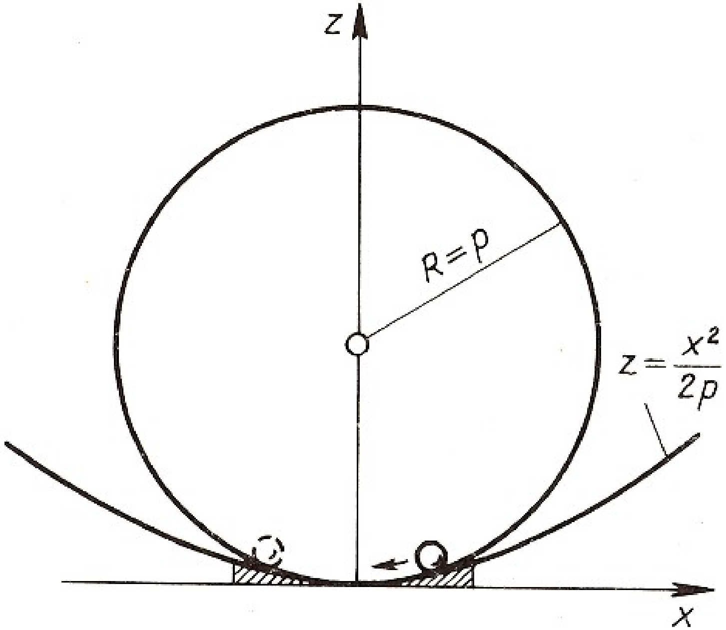
Huygens bizonyítása, hogy a különböző hajlásszögű, egyforma magas lejtő aljára a golyók egyforma sebességgel érkeznek



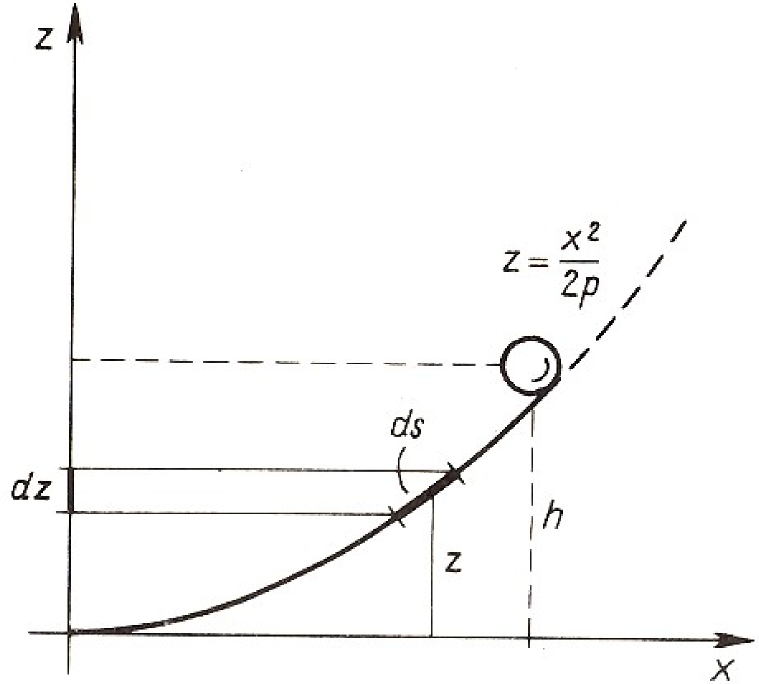
3.6–4 a ábra

Ha egy test akármilyen lejtőn mozog, sebessége ugyanakkora, mintha a lejtő magasságával azonos magasságból függőlegesen esne

Az ingamozgás képletének levezetése $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

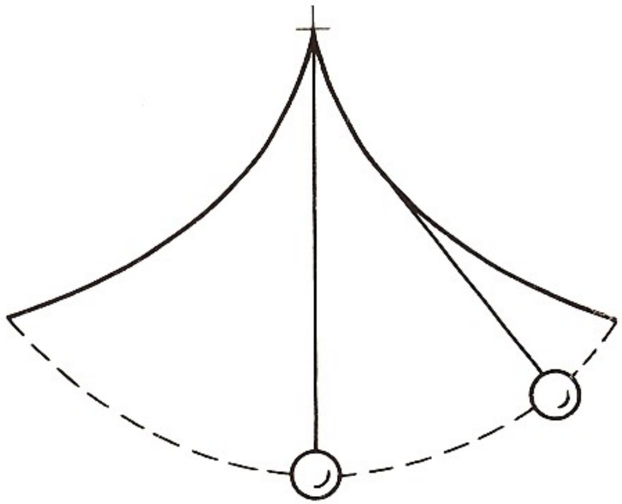


3.6–5 ábra
A kör alakú lejtőt közelítsük meg egy hozzásimuló parabolával

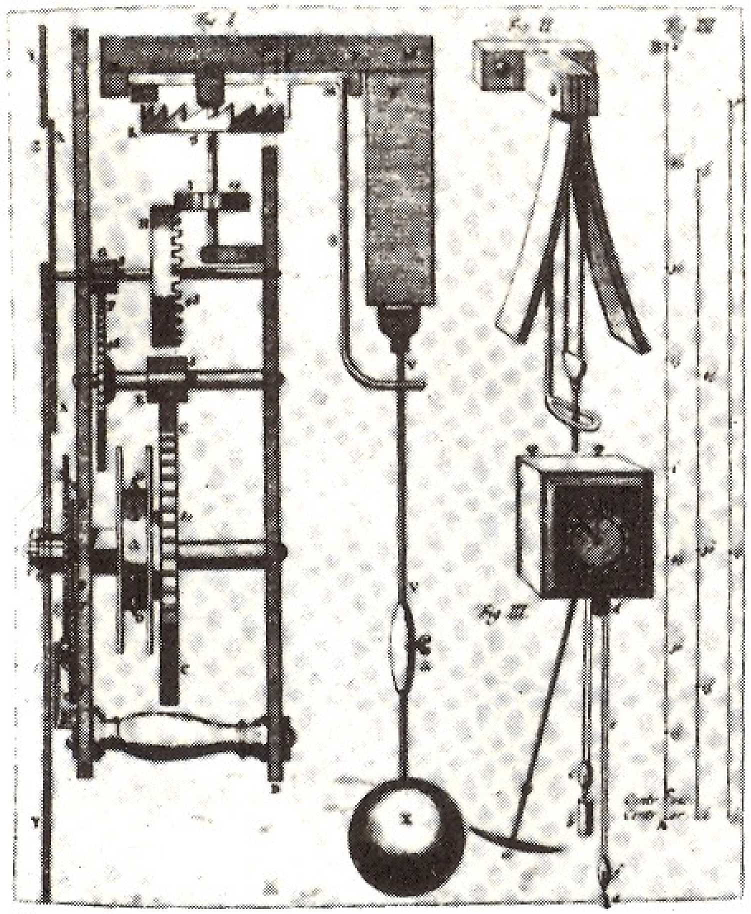


3.6–6 ábra
A parabolán leguruló golyó gurulási idejét az elemi ds hosszak befutásához szükséges idők összegeként kapjuk

A cikloidális inga: a nagy amplitúdóra is állandó lengésidejű inga elmélete és gyakorlata

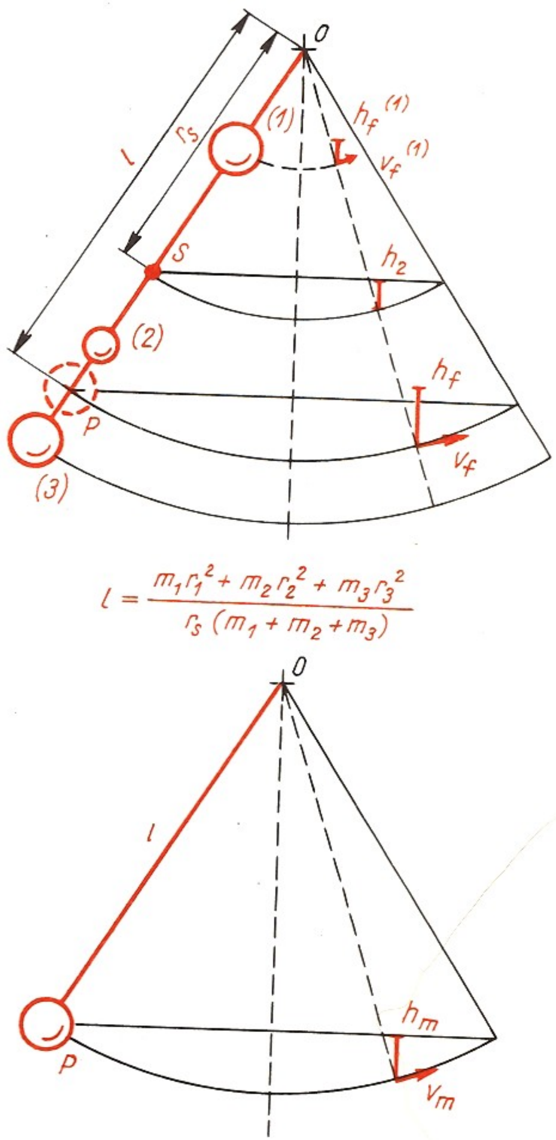


3.6 – 9 b ábra
Egy fonálra felfüggesztett test akkor mozog cikloispályán, ha a fonál egy ugyancsak ciklois alakú lemezpárra simul



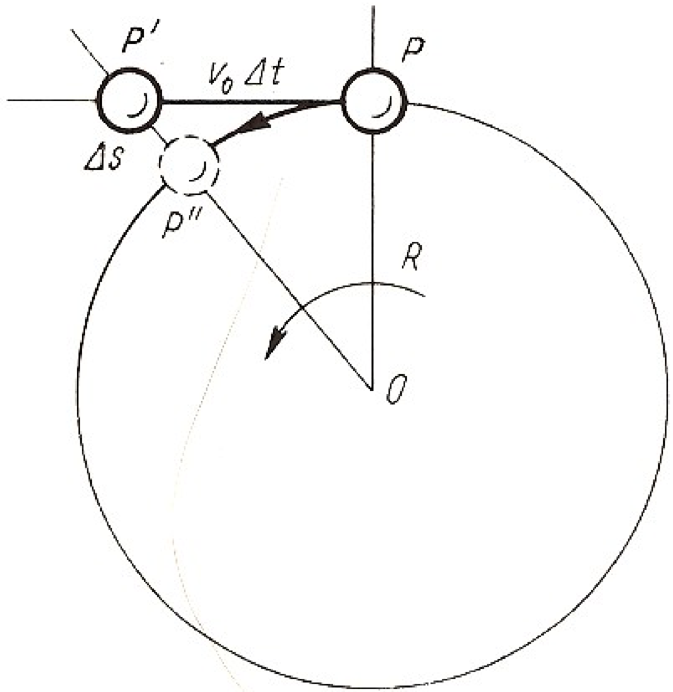
3.6 – 10 ábra
Huygens cikloid-ingaórája

A körmozgás gyorsuló mozgás $$a_{cp} = \frac{v_0^2}{R}$$

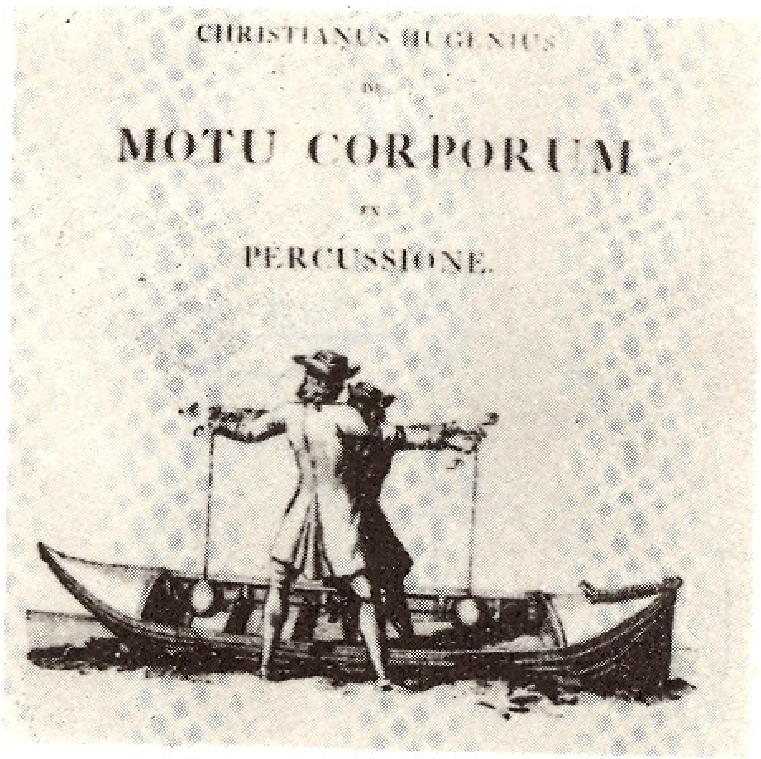


$$l = \frac{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2}{r_S (m_1 + m_2 + m_3)}$$

3.6—12 *ábra*
A fizikai inga lengési idejének megállapításához *Huygens* a vele azonos lengésidejű matematikai inga hosszát határozza meg



3.6—18 *ábra*
Az egyenletes körmozgás gyorsulását *Huygens* így vezeti le



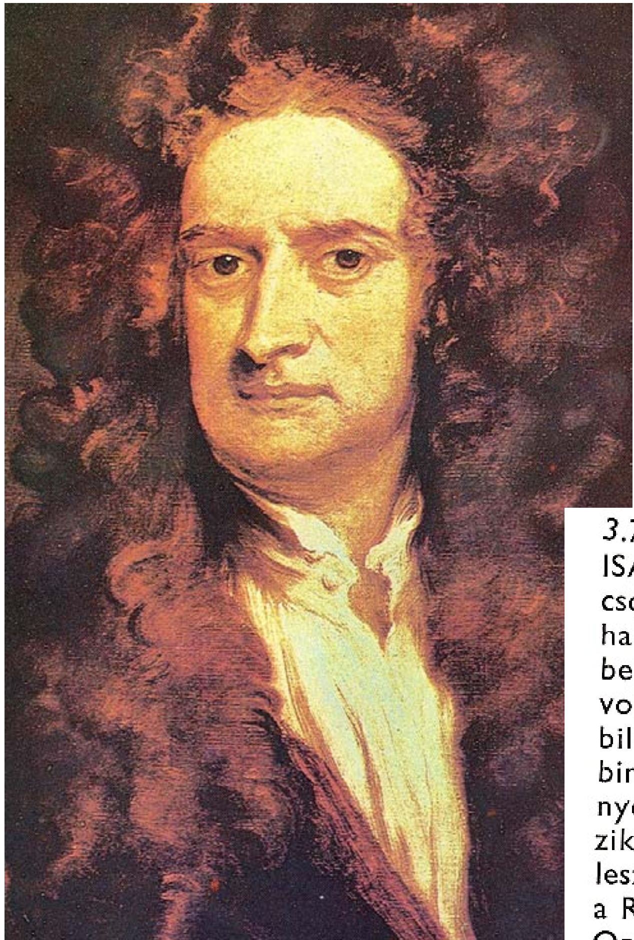
3.6—15 ábra
Huygens a mozgó hajón lejátszódó mechanikai jelenségek változatlanságát, invarianciáját nem *magyarázza*, hanem posztulálja, és ebből az invariancia-követelményből jut el a törvényekhez. *Einstein* a tömegváltozás törvényét hasonlóan két koordinátarendszerből vizsgált ütközési törvény ekvivalenciájából fogja majd levezetni

Hipotézisek az ütközés törvényeinek levezetéséhez:

1, Bármilyen mozgásban lévő test, ha nem ütközik akadályba, változatlan sebességgel egyenes vonalban igyekszik mozogni tetszés szerinti ideig.

2, Két egyforma test, ha azonos nagyságú, de ellentétes irányú sebességgel egymásnak ütközik, visszapattanva megtartja sebessége nagyságát, de sebessége előjele megváltozik.

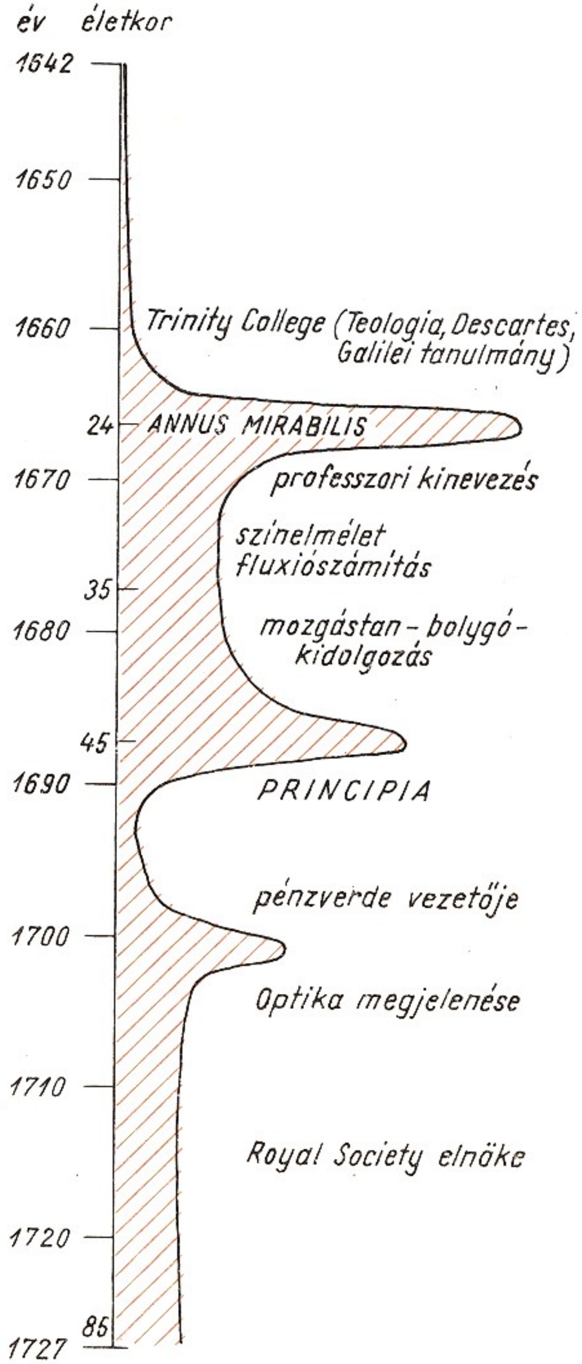
3,Egy egyenletes sebességgel mozgó hajón, bármekkora is legyen annak sebessége, a rajta utazó megfigyelő számára az ütközési törvények azonosak.



3.7–1 ábra

ISAAC NEWTON (1642–1727) Woolsthorpe-ban (Lincolnshire megyében), 1642 karácsonyán született. A kontinensen ekkor már 1643-at írtak. Apja néhány hónappal előbb halt meg. 1661-ben nagybátyja támogatásával a Trinity College of Cambridge University-ben matematikát tanult. 1665-ben a pestisjárvány idejére birtokára, Woolsthorpe-ba vonult vissza. Ez az esztendő, de különösen a rákövetkező 1666-os volt az „Annus mirabilis" (3.7–1 idézet). *Newton* ekkor 24 éves volt. Ekkor fogamzott meg benne a binomiális tétel, a differenciálszámítás, a színelmélet, a centripetális erő, a mozgástörvények és a gravitációs vonzás. Visszatérve Cambridge-be optikai problémákkal foglalkozik. 1668-ban elkészíti a tükrös teleszkópot. 1669-ben *Barrow* utódaként professzor lesz a cambridge-i egyetemen. 1672-ben a *Fény és színelmélet* című munkáját bemutatja a Royal Society-nak, ahol olyan vitát váltott ki, hogy elhatározta, nem publikál többé. Optikai vizsgálatai összegyűjtve 1704-ben jelentek meg *Optics* című könyvében. 1684-ben *Halley* biztatására fogott a *Principia* megírásához, miután *Halley* vállalta a költségek előteremtését is. 1692–93-ban súlyos idegösszeomlása volt, amelyből rendbejött ugyan, de a hátralevő 35 évében már nem volt több jelentős felfedezése annak ellenére, hogy szellemi képességeit teljesen visszanyerte. Ezt *Bernoulli* egy problémájának – amelyre hat hónap volt kitűzve – egyetlen éjszaka alatt történt megoldásával (1696-ban) és 1716-ban egy *Leibniz* által feladott problémának a kézbevétel pillanatában adott megoldásával bizonyította be.

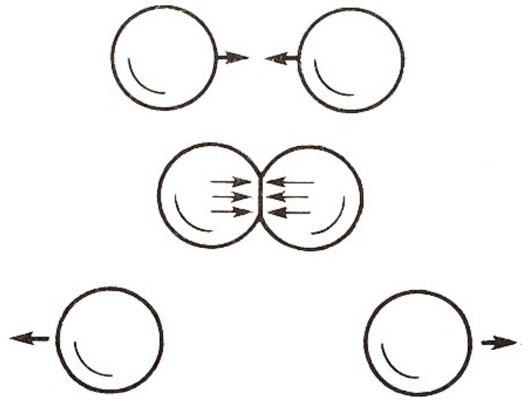
1699-ben az állami pénzverde vezetője lett. 1705-ben a királynő lovaggá ütötte. 1703-tól 1727-ig, tehát haláláig a Royal Society elnöke volt. A Westminster Abbeyban temették el.



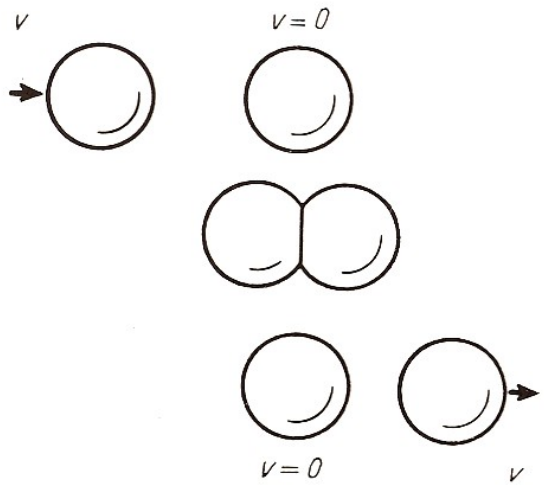
év életkor
1642
1650
1660
Trinity College (Teologia, Descartes, Galilei tanulmány)
24
ANNUS MIRABILIS
1670
professzori kinevezés
szinelmélet
fluxiószámítás
35
1680
mozgástan - bolygó-kidolgozás
45
1690
PRINCIPIA
pénzverde vezetője
1700
Optika megjelenése
1710
Royal Society elnöke
1720
85
1727

Newton a dinamika atyja

A dinamika törvényeihez vezető lépések:



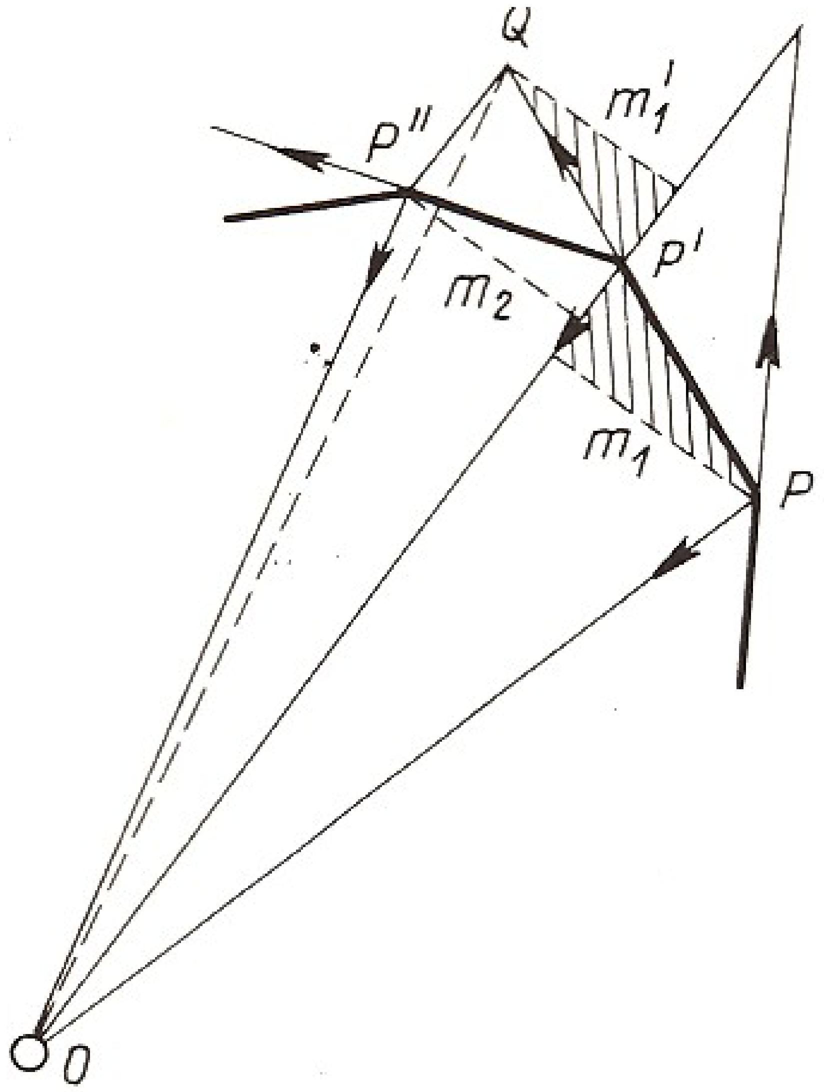
1. A szimmetrikus rugalmas ütközés fázisai: a mozgás (mozgásmennyiség) lerontásához erőhatásra van szükség, ezt az erőhatást rugalmas deformáció szolgáltatja.



2. A mozgás létrehozására ugyanakkora erőhatásra van szükség, mint a megszüntetésére.

3. Kölcsönhatás közben a két test egymásra egyforma nagyságú, de ellenkező irányú erővel hat.

4. Görbe vonalú pályán történő mozgás ütközések sorozatára is visszavezethető.



Centrális mezőben mozgó tömegpont pályájának közelítése poligonnal.

Az erő OP’ irányú, tehát a lendület (a sebesség) OP’-re merőleges vetülete megmarad, tehát $m_1=m_{2.}$.

Így az OPP’ és az OP’P” háromszögek területe egyezik, azaz a vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket súrol: ez bármilyen centrális mezőben igaz, nemcsak a gravitációsban.

Newton mozgástörvényei:

1. A magára hagyott test megtartja mozgásállapotát (inerciarendszer).

$$ha\ \vec{F}=0, \quad akkor\ \ \vec{v}=\acute{a}l\vec{l}$$

2. A mozgásmennyiség (időegység alatti) megváltozása arányos a ható erővel és annak irányában megy végbe.

$$\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}=\vec{F},\ m\vec{a}=\vec{F} \qquad \dot{\vec{p}}=\vec{F}, \quad m\ddot{\vec{r}}=\vec{F}$$

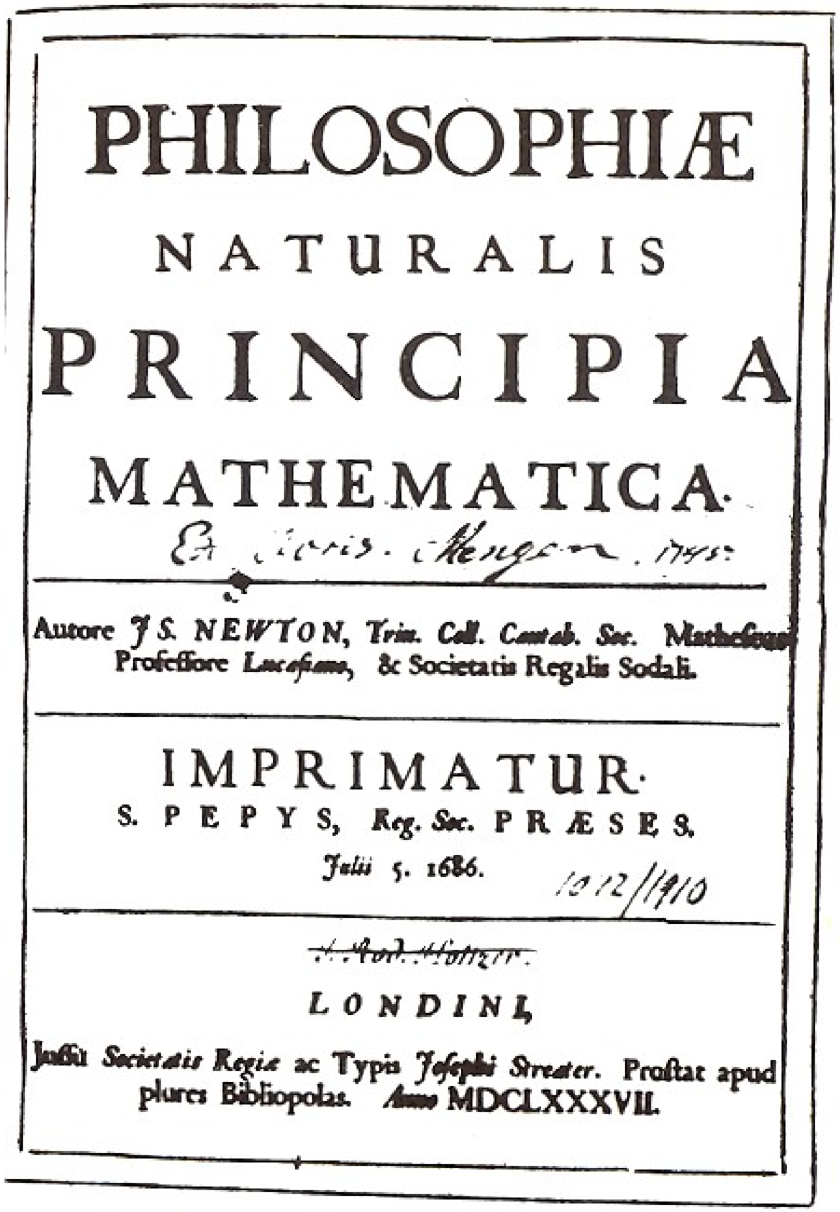
erő = tömeg × gyorsulás

3. Kölcsönhatás során a kölcsönható két test egymással egyforma nagyságú, de ellentétes irányú erővel hat.

$$\vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$$

4. Ha egy test több kölcsönhatásban is részt vesz, a kölcsönhatásokat jellemző erőket vektor módjára kell összegezni.

$$\vec{F}_e=\sum\vec{F}$$



PHILOSOPHIÆ

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA.

Autore *JS.* NEWTON, *Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.

S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.

Julii 5. 1686.

10.12/1910

LONDINI,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis *Josephi Streater*. Prostat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

A tudománytörténet legnagyobb könyve (talán az egyetemes emberi történeté is)

A természetfilozófia matematikai elvei:

„A Kopernikusz-féle hipotézis Kepler által adott változatának matematikai bizonyítása”

AXIOMATA SIVE LEGES MOTUS

Lex. I.

Corpus omne perſeverare in ſtatu ſuo quieſcendi vel movendi uniformiter in directum, niſi quatenus a viribus impreſſis cogitur ſtatum illum mutare.

PRojectilia perſeverant in motibus ſuis niſi quatenus a reſiſtentia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorſum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt ſeſe a motibus rectilineis, non ceſſat rotari niſi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus ſuos & progreſſivos & circulares in ſpatiis minus reſiſtentibus factos conſervant diutius.

Lex. II.

Mutationem motus proportionalem eſſe vi motrici impreſſæ, & fieri ſecundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, ſive ſimul & ſemel, ſive gradatim & ſucceſſive impreſſa fuerit. Et hic motus quoniam in eandem ſemper plagam cum vi generatrice determinatur, ſi corpus antea movebatur, motui ejus vel conſpiranti additur, vel contrario ſubducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo ſecundum utriuſq; determinationem componitur.

Lex. III.

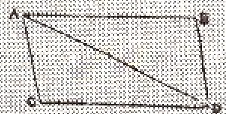
Lex. III.

Actioni contrariam ſemper & æqualem eſſe reactionem: ſive corporum duorum actiones in ſe mutuo ſemper eſſe æquales & in partes contrarias dirigi.

Quicquid premit vel trahit alterum, tantundem ab eo premitur vel trahitur. Siquis lapidem digito premit, premitur & hujus digitus a lapide. Si equus lapidem funi allegatum trahit, retrahetur etiam & equus æqualiter in lapidem: nam funis utrinq; diſtentus eodem relaxandi ſe conatu urgebit Equum verſus lapidem, ac lapidem verſus equum, tantumq; impediet progreſſum unius quantum promovet progreſſum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum ejus vi ſua quomodocunq; mutaverit, idem quoque viciſſim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob æqualitatem preſſionis mutuæ) ſubibit. His actionibus æquales fiunt mutationes non velocitatum ſed motuum, (ſcilicet in corporibus non aliunde impeditis.) Mutationes enim velocitatum, in contrarias itidem partes factæ, quia motus æqualiter mutantur, ſunt corporibus reciproce proportionales.

Corol. I.

Corpus viribus conjunctis diagonalem parallelogrammi eodem tempore deſcribere, quo latera ſeparatis.



Si corpus dato tempore, vi ſola M, ferretur ab A ad B, & vi ſola N, ab A ad C, compleatur parallelogrammum $ABDC$, & vi utraq; feretur id eodem tempore ab A ad D. Nam quoniam vis N agit ſecundum lineam AC ipſi BD parallelam, hæc vis nihil mutabit velocitatem accedendi ad lineam illam BD a vi altera genitam. Accedet igitur corpus eodem tempore ad lineam BD ſive vis N imprimatur, ſive non, atq; adeo in fine illius temporis reperietur alicubi in linea

illa

A Principia két oldala Newton 3 axiómájával

Az egyetemes gravitáció törvénye

Bármely két test között a testeket összekötő egyenes irányában gravitációs vonzóerő ébred. A gravitációs vonzóerő egyenesen arányos a két test tömegének szorzatával és fordítva arányos a köztük lévő távolság négyzetével.

$$\vec{F} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r$$

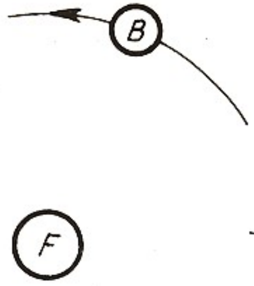
Ezt a törvényt Kepler harmadik törvénye alapján találta meg.

$$F_{cp} = m\frac{v^2}{R} = m\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 \frac{1}{R} = 4\pi^2 m \frac{R}{T^2}$$

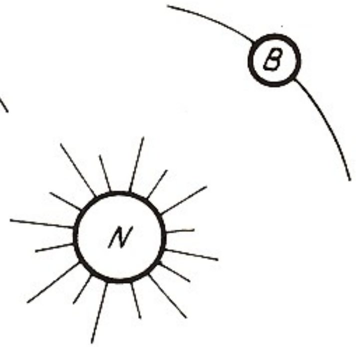
$$\Rightarrow \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{R_1}{R_2}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$$

$$\textit{Kepler 3. törvénye} \quad \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3$$

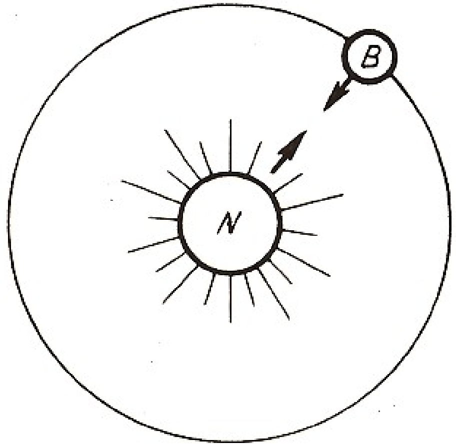
$$\Rightarrow \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{R_1}{R_2}\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$$



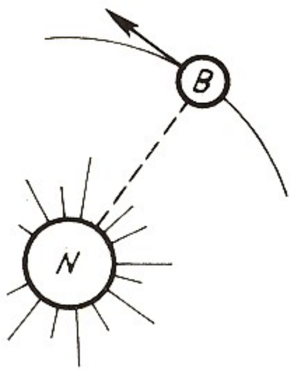
mint istenség, a tökéletes utat járja
(Püthagórasz)



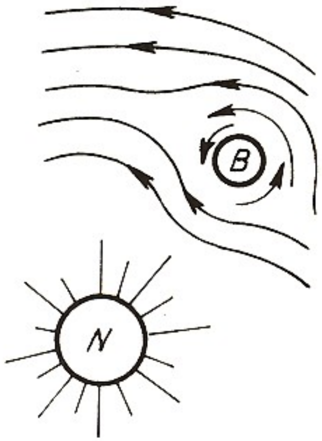
természetes mozgása van
(Galilei)



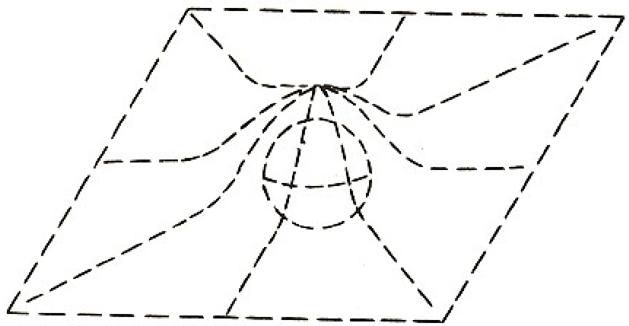
vonzóerő hat az összekötő egyenes mentén
(Newton)



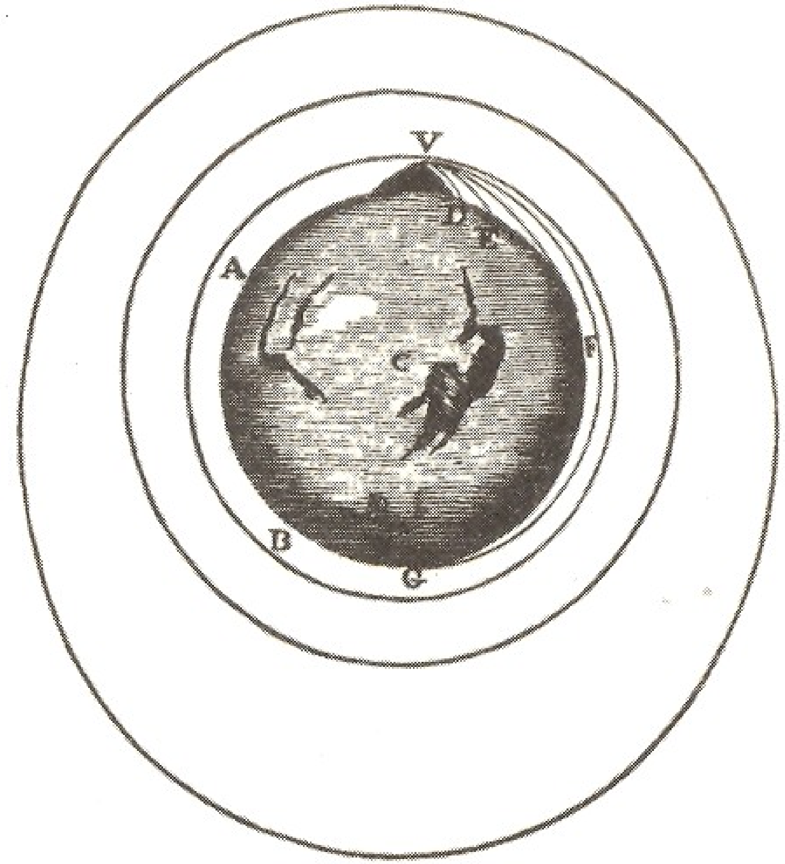
az érintő mentén mágneses hatás mozgatja
(Kepler)



örvények viszik
(Descartes)



a Nap tömege a geometriai strukturát változtatja meg
(Einstein)



3.7 – 15 ábra

A fizika történetében először jelenik meg a mesterséges égitest gondolata és ma is érvényes elmélete

„Egyebek”

Differenciál és integrál számítás (Newton és Leibniz elsőbbségi vitája)

Newton optikája

Newton filozófiája