# A fizika története

**(GEFIT555-B, 2+0, 2 kredit)**
**2023/2024. tanév, 1. félév**

***Dr. Paripás Béla***

***4. Előadás (2023.10.05.)***

# 1. zárthelyi dolgozat

**2023. október 19.**

*14.00-kor az előadás helyszínén, minden 3. sor kimarad, a többibiben minden 3. szék foglalható el*

A terem befogadó-képessége az adott ültetési rendnél kb. 60 fő.

**Személyazonosságát igazoló okmányt mindenki hozzon magával!**

# E Ö T V Ö S   L O R Á N D   F I Z I K A V E R S E N Y

**az idén érettségizetteknek**
**és középiskolásoknak**

**Időpontja:** 2023. október 13-án (pénteken)
15.00 – 20.00 óra

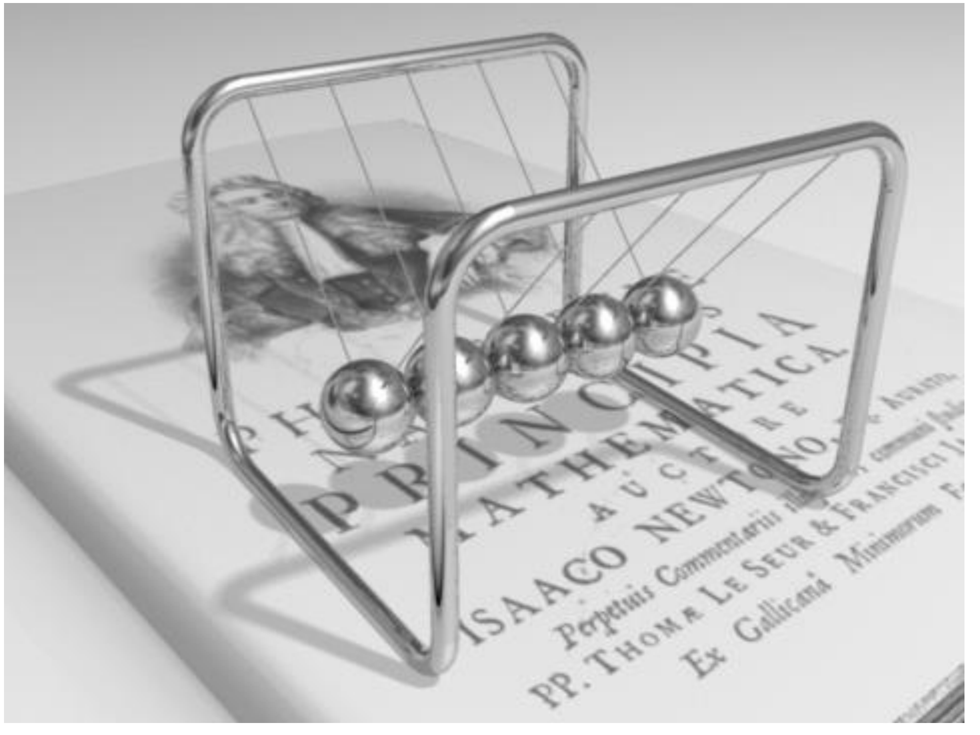
**Helye:** Miskolci Egyetem, Fizikai Tanszék
A/1. épület, III. emelet

BÁRMILYEN SEGÉDESZKÖZ HASZNÁLHATÓ (TELEFON AZÉRT NEM)!

Megjelenés 14 óra 50 percig a Tanszék előtt.

Személyazonosságát igazoló okmányt mindenki hozzon magával!

# A Newton-inga



# Ismétlés

Newton mozgástörvényei:

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

$$ha\ \vec{F} = 0, \quad akkor\ \ \vec{v} = \vec{áll}$$

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

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

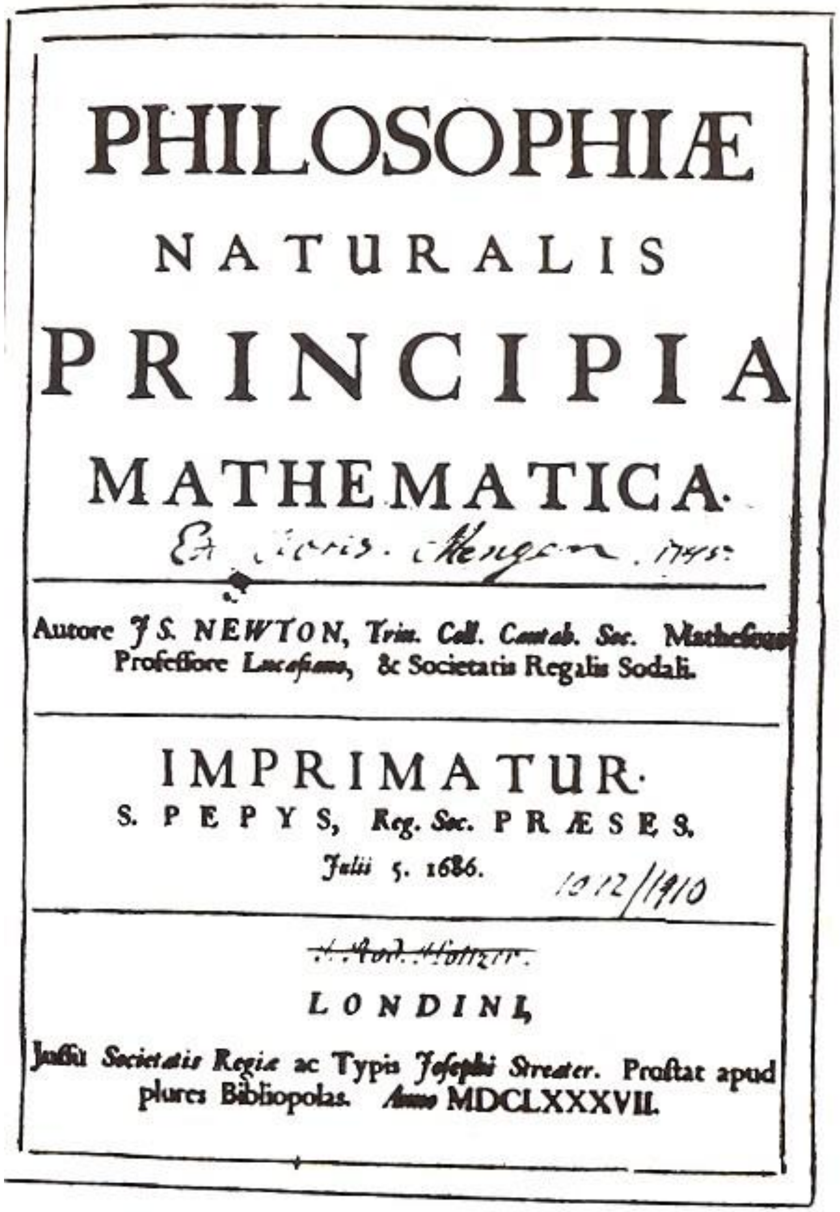
erő = tömeg × gyorsulás

3. Kölcsönhatás során a kölcsönható két test egymásra 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 *J S.* NEWTON, *Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.

S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.

*Julii* 5. 1686.

1012/1910

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 oblique 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 sokan támadták a „távolba ható erő” miatt. (Egy kicsit emlékeztet a tárgyak arisztotelészi természetes állapotba vágyódására.)

Ma már tudjuk, hogy az erőtér az anyag egyik formája – ha nem az egyetlen.

Segítségével azonban a bolygómozgás törvényei levezethetők. A csillagászok több évezredes vágya teljesült – egyszerű törvényekkel tökéletesen pontos pályák számíthatók.

**A földi és égi fizika egyesítése befejeződött!!!**

Ezt a törvényt Kepler harmadik törvénye alapján találta meg.

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

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

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

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


**Johannes Kepler**

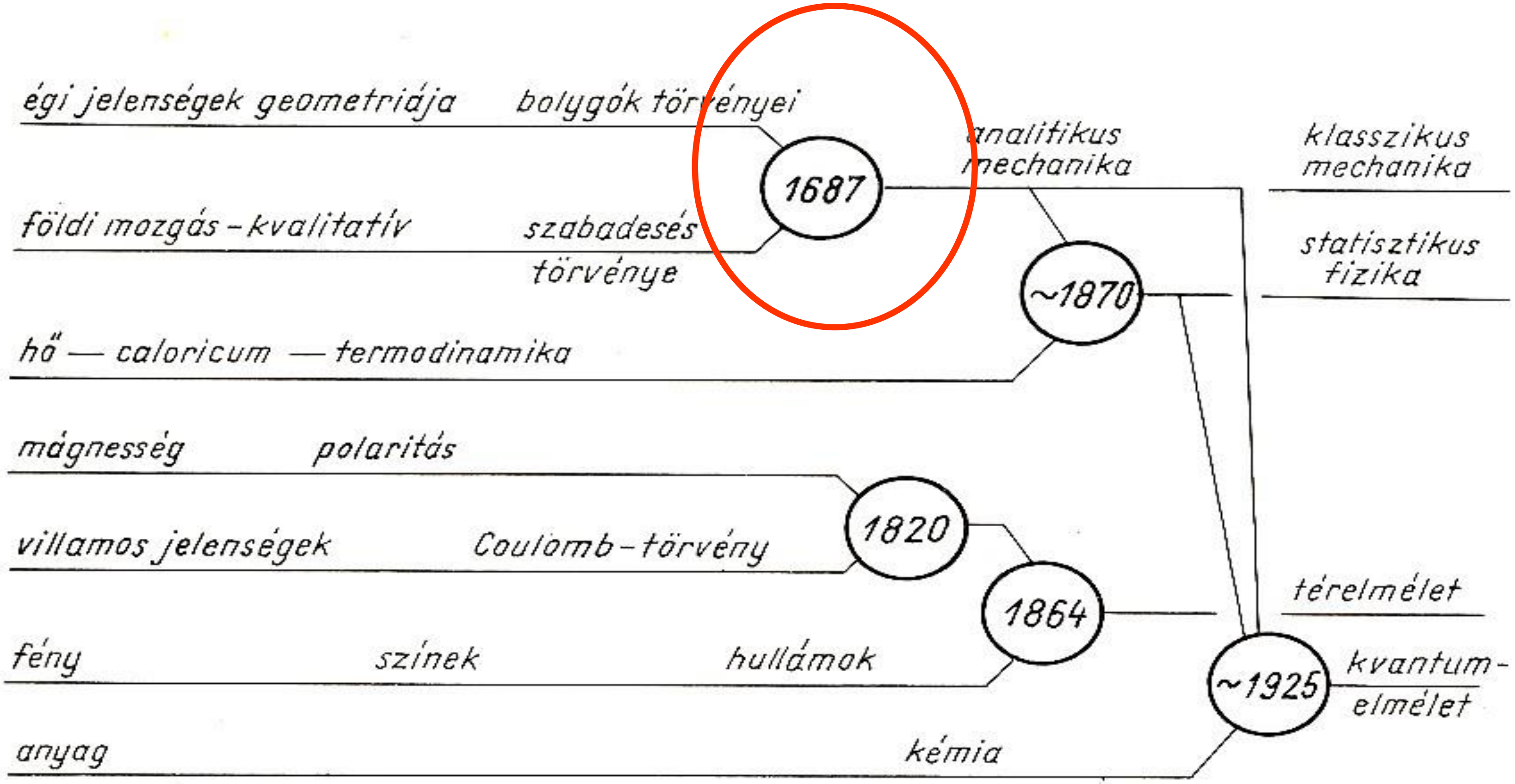
**Weil der Stadt**, 1571 – Regensburg,1630)

Az alábbiak közül melyik nem jellemzi a newtoni dinamikát?

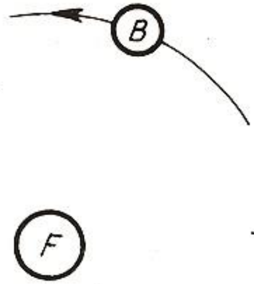
a) a magára hagyott test megtartja mozgásállapotát
b) a mozgásállapot fenntartásához erőre van szükség
c) a lendület idő egység alatti megváltozása arányos az erővel
d) az erőket vektor módjára kell összegezni

A Princípia-ban mivel nem foglalkozott Newton?

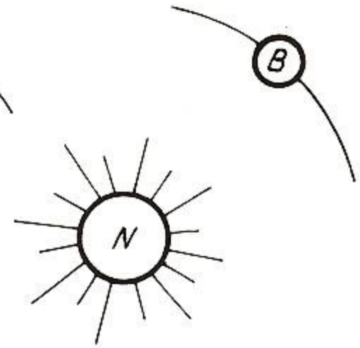
a) tömegpontok dinamikája
b) atomelmélet
c) általános tömegvonzás
d) bolygópályák levezetése



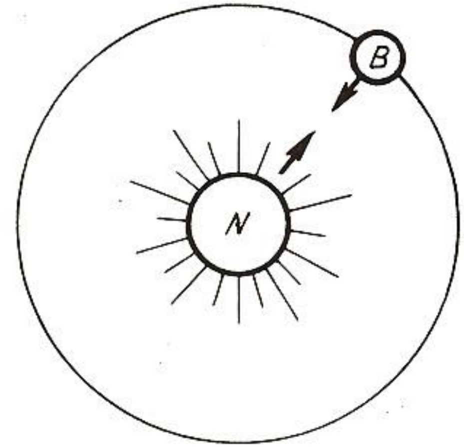

**0.2—8 ábra**
**A fizikatörténet csomópontjai: a különböző jelenségcsoportok közötti kapcsolat felismerésének időpontjai (*Hund: Geschichte der physikalischen Begriffe* nyomán)**



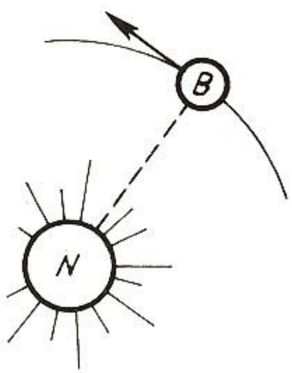

*mint istenség, a tökéletes utat járja*
*(Püthagórasz)*



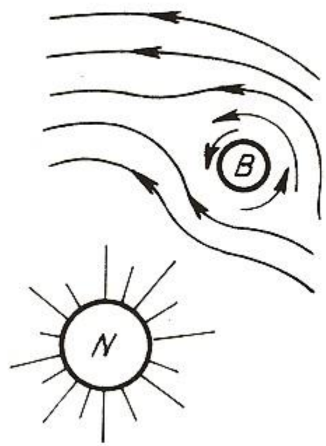

*természetes mozgása van*
*(Galilei)*



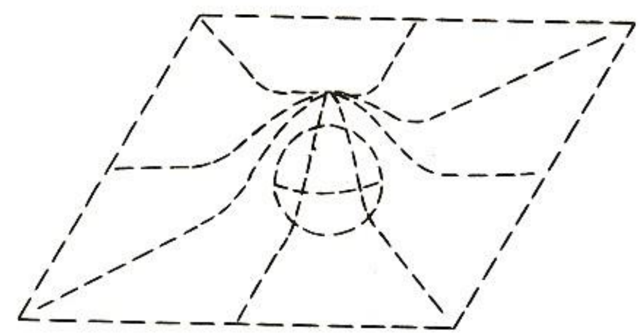

*vonzóerő hat az összekötő egyenes mentén*
*(Newton)*



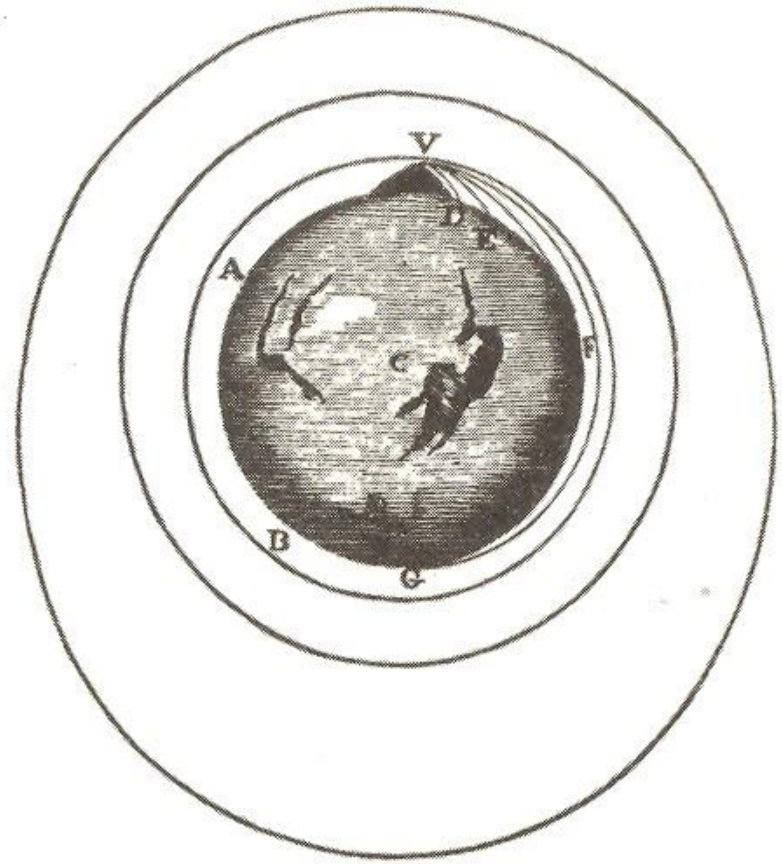

*az érintő mentén mágneses hatás mozgatja*
*(Kepler)*




*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

**Newton filozófiai jelentősége:**

1. Megfogalmazta és évszázadokra meghatározta a természettudomány kutatási módszerét: a mozgásjelenségekből megvizsgálni a természet erőit és aztán ezekből az erőkből levezetni a többi jelenséget. Minden jelenség magyarázatát a mechanikára akarja visszavezetni: mechanisztikus világkép.
2. Kitűzte a természettudományos kutatás alapvető célját: azokat az állításokat, amelyekre a jelenségekből általános indukcióval következtettünk mindaddig érvényesnek tekintjük, amíg olyan jelenségekkel nem találkozunk amelyek segítségével pontosíthatjuk őket. A kísérletek eredményeit az elmélet nem írhatja felül, az elmélet szépsége kevésbé fontos, mint az igazsága.
3. Egységes koherens világképet adott: az abszolút tér és idő koncepciója. Abszolút tér: az álló csillagokhoz rögzített koordináta rendszer. Abszolút idő: az idő minden rendszerben ugyanúgy telik. Relativitáselmélet óta tudjuk, hogy abszolút tér és idő nem létezik.

Melyik tudományterületen nem ért el Newton jelentős eredményeket?

a) általános gravitáció
b) differenciál- és integrálszámítás
c) fizikai ingák lengésideje
d) optika

Melyik eseményt tekintjük az égi és földi mozgástörvények egyesítésének?

a) a Kopernikuszi fordulatot
b) a Galilei-pert
c) a Princípia megjelenését
d) az általános relativitáselmélet megalkotását

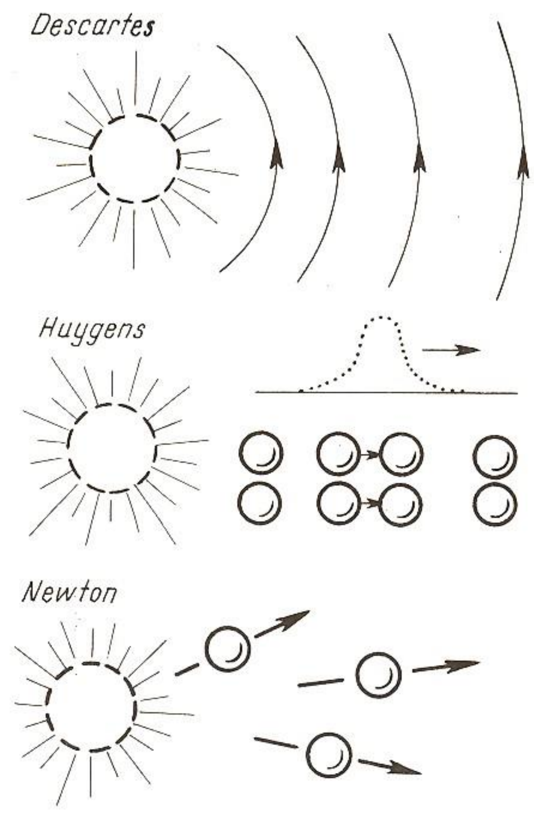
# A klasszikus fizika kiteljesedése

A **fény** természete

1. Descartes elmélete: a mindenséget kitöltő finom anyagrészek örvényléséből adódó nyomás.
   butaság

2. Huygens elmélete: az éterrészecskék rugalmas rezgéseinek tovaterjedése, tehát mozgásállapot terjedése.
   részben igaz, de éter nincs

3. Newton elmélete: a fény részecskékből (korpuszkula) áll, amelyek az üres térben is haladhatnak.
   ez áll legközelebb az igazsághoz: foton



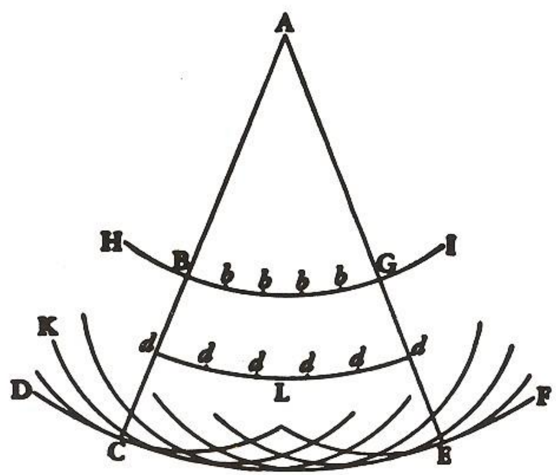

4.1 – 17 ábra
Fényelméletek a XVIII. század elején

Huygens elmélete: a fény az éterrészecskék rugalmas rezgéseinek tovaterjedése.

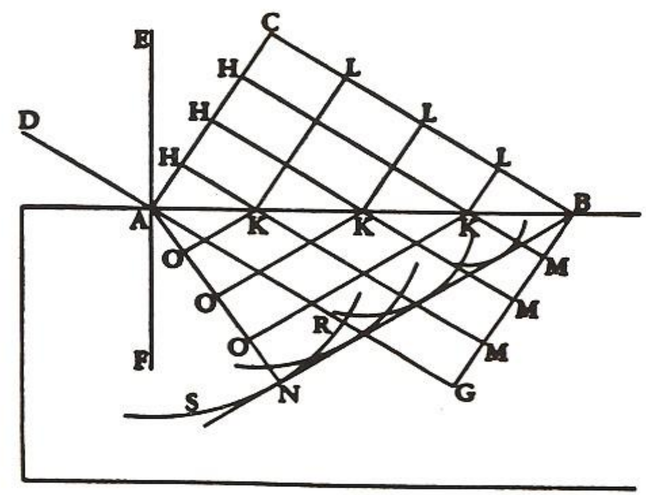
A kialakult hullámfelület minden pontjából elemi gömbhullámok indulnak, ezek burkolója az új hullámfelület.

Nem lehet részecske, mert az egymást keresztező fénysugarak nem zavarják egymást.

Nála a fény longitudinális hullám, de közegben a lassúbb.




4.1 – 3 ábra
Az egyenes vonalú terjedés magyarázata

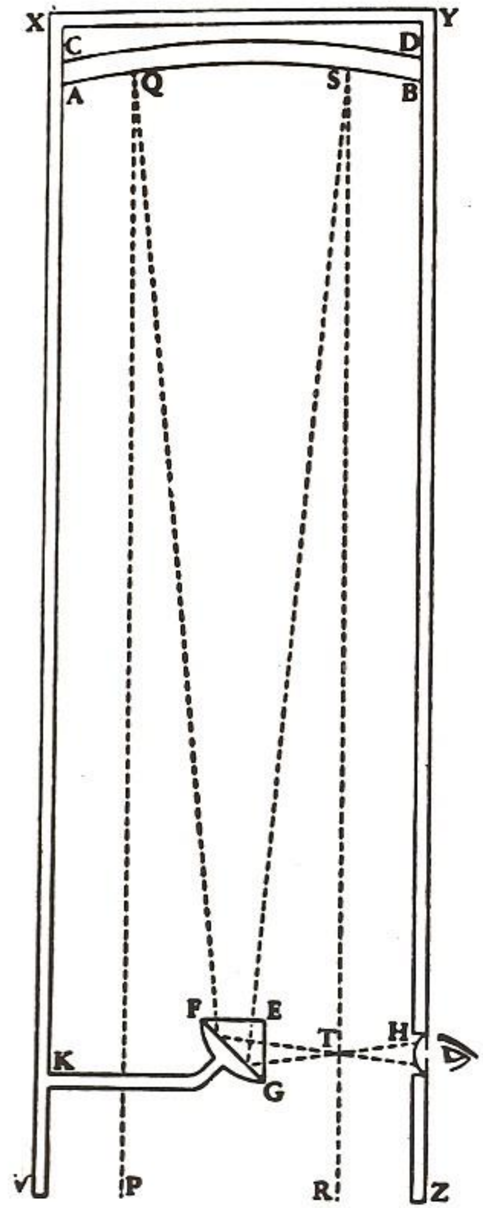



4.1 – 4 ábra
A töréstörvény magyarázata. Ezt az ábrát – az előzővel együtt – *Huygens* könyvéből vettük; de megtaláljuk őket a mai fizikakönyvekben is

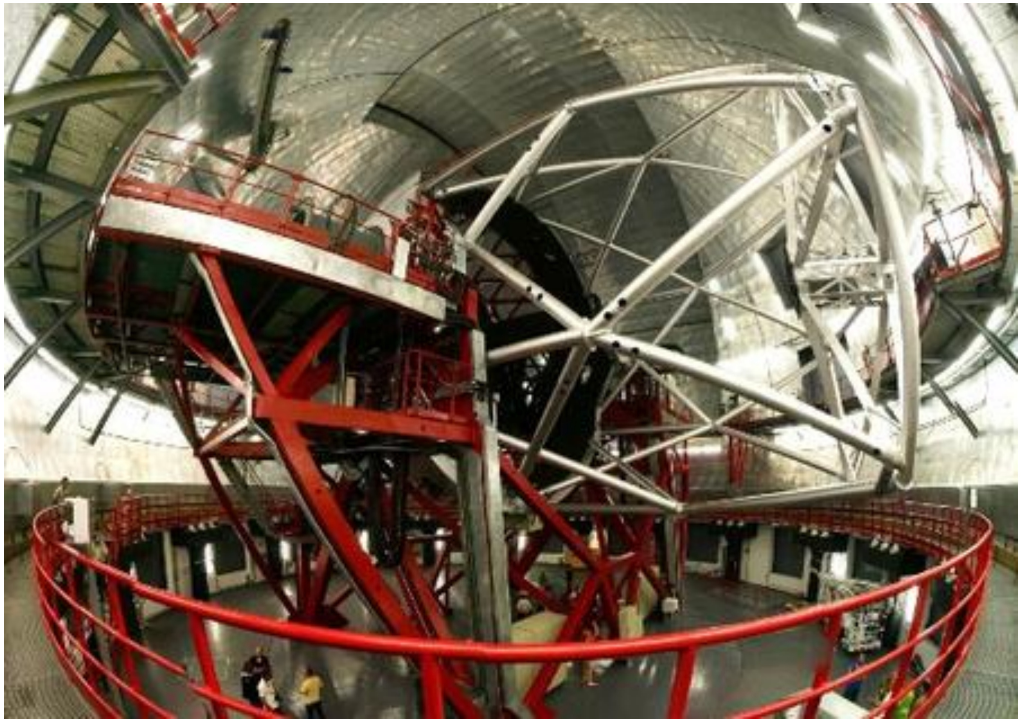
Newton eredeti célja: a távcső színhibájának vizsgálata.

Téves következtetése:
a lencséknél a színhibák nem küszöbölhetők ki, ezért tükrös távcsövet épített

Valójában többféle üvegből készített kombinált lencsékkel kiküszöbölhetők a színhibák




*4.1 — 13 ábra*
Newton tükrös távcsöve



A világ legnagyobb távcsöve tükrös. Ez La Palma szigetén egy 2400 méteres hegycsúcson kapott helyet. A 10,4 méter átmérőjű tükör felülete 6 négyzetméterrel haladja meg az eddigi csúcstartó, 10 méteres Keck-tükrök felületét. Maga a tükör 36 darab hatszögletű szegmensből áll, amelyek együttesen az eddig elkészített legnagyobb, és a legpontosabban megmunkált felületet formálják.

A szegmensek megfelelő helyzetben tartásáról kifinomult vezérlőrendszer gondoskodik, amely a rendkívüli pontosságú érzékelők adataira támaszkodva a tükörfelületeket még a távcső mozgatása közben is a megfelelő helyzetben tartja, mintha egyetlen egybefüggő, hatalmas felületet alkotnának.

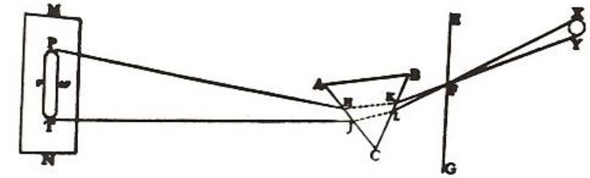
**Helyes eredményei:**

1. a fehér fény összetett

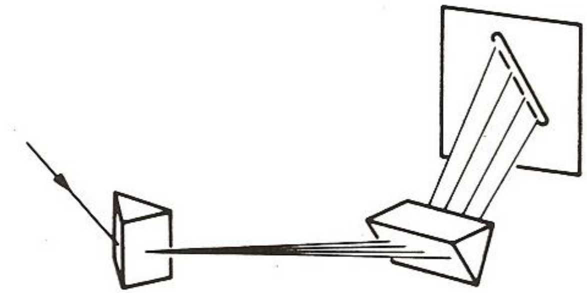
2. a spektrumszínek tovább nem bonthatók

3. a spektrumszínek helyes arányú összekeverésével ismét előáll a fehér szín

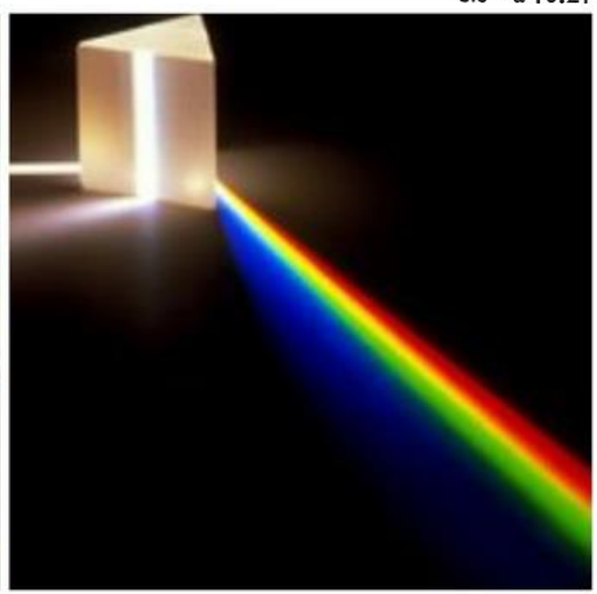
4. a törésmutató függvénye a színnek




*4.1 – 10 ábra*
A spektrum előállítása



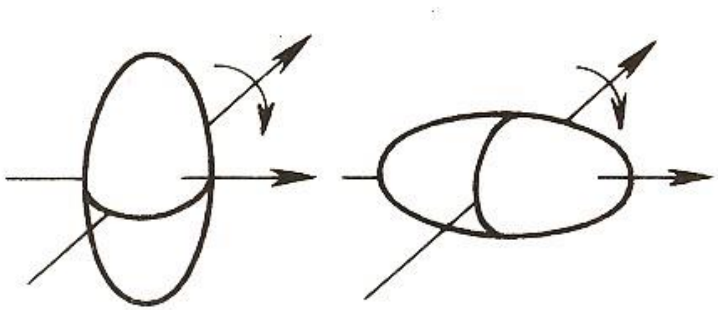
*4.1 – 11 ábra*
*Newton* színelméletének „experimentum crucis"-a [0.2]



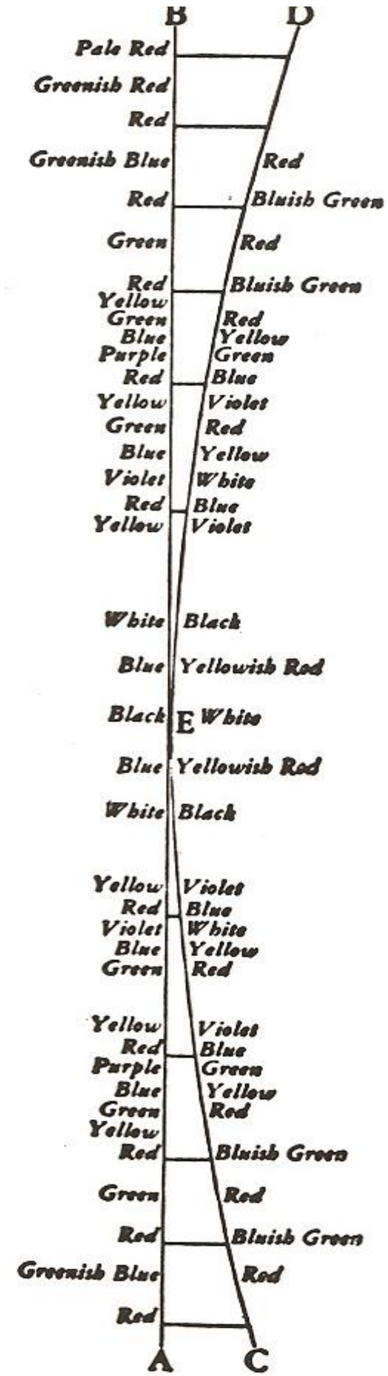
## Newton-féle színes gyűrűk:

sík lapra helyezett domború lencse → vékonyréteg interferencia

Következtetése: a fény korpuszkuláris ugyan, de van térbeli (színfüggő) periodicitása (fit és non fit állapotok) és van polarizációja



4.1 — 16 ábra
A „fit" és non fit helyzet — egy mai elképzelést vetítünk vissza; *Newton* nem festett ilyen képet a jelenségről



Mi volt Newton elképzelése a fényről?

a) a mindenséget kitöltő anyag örvénylése
b) az éterrészecskék rugalmas rezgései
c) korpuszkulákból áll, amelyek az üres térben is haladhatnak
d) elektromágneses hullám

Melyik optikai megállapítás nem Newtontól származik?

a) a fehér fény összetett
b) a törésmutató függvénye a színnek
c) a fény transzverzális hullám
d) a spektrum színek tovább nem bonthatók

# Matematikai eredmények:

**koordináta geometria:**

Fermat és Descartes

**differenciál és integrál számítás:**

igen jelentős előzmények: Kepler, Fermat, Pascal (pl. kül. görbék alatti területek meghat.)

Az elmélet kidolgozói:

**Newton** $\dot{x}, \quad x'$

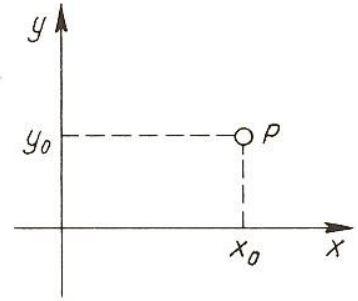
(fluens→fluxió)

és

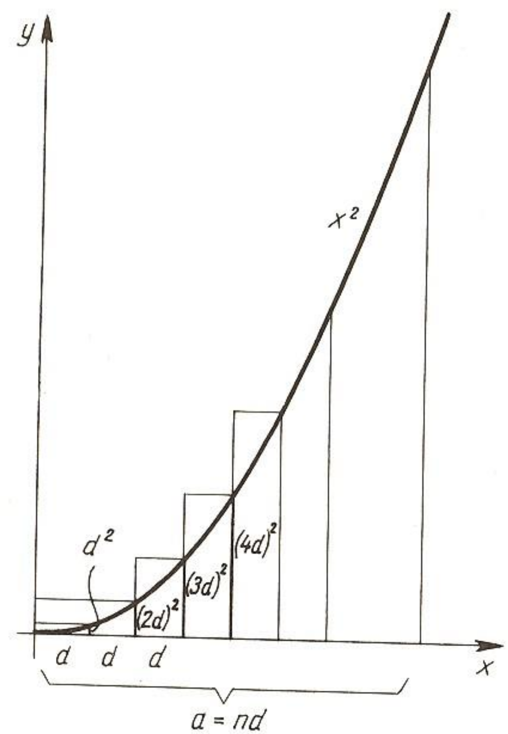
**Leibniz** $\frac{dx}{dt}, \quad \int v dt$

(infinitezimális számítás)

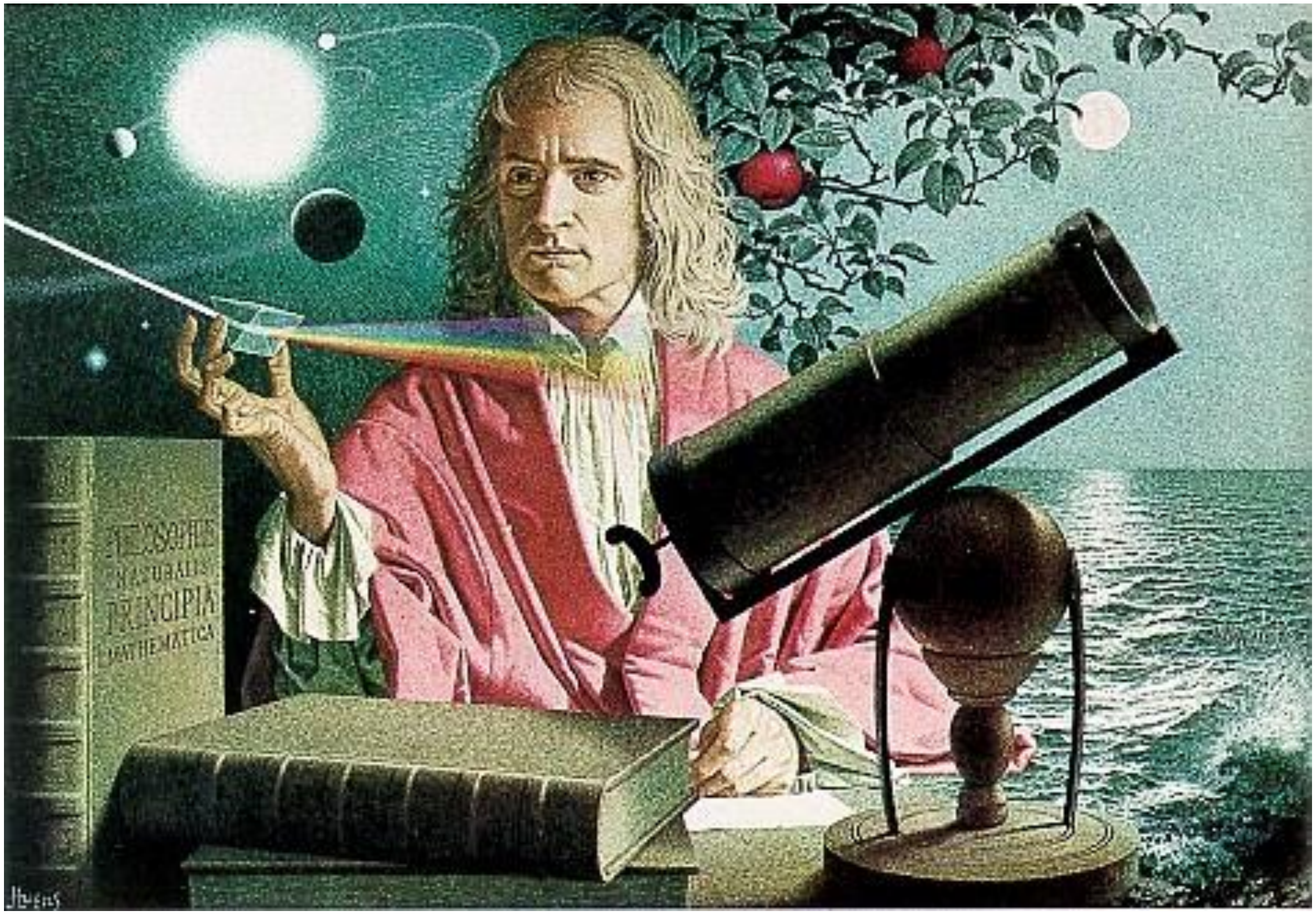
(a tudománytörténet egyik legrondább elsőbbségi vitája)




4.1 — 19 ábra
Így jelenik meg a Descartes-féle koordináta-rendszer a mai középiskolai oktatásunkban




4.1 — 24 ábra
A parabola alatti terület meghatározása a téglány összegek határértékképzésével




„…úgy látom magamat, mint egy kisgyereket, aki a tenger partján játszadozik és abban leli örömét, hogy néha-néha … egy csinosabb kagylót talál, miközben az igazság nagy óceánja még kikutatlanul terül el előtte.”


GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646–1716) az újkori filozófia és természettudomány egyik legzseniálisabb és legsokoldalúbb tehetsége. 1667-ben jogi doktorátust szerez, 1672-ben diplomáciai kiküldetésben érkezik Párizsba. Az itt töltött négy év igen gyümölcsözőnek bizonyult számára: megismerkedett a francia tudományos élettel és az akkor ott dolgozó *Huygens*-szel. Itt építette fel azt a számológép modelljét, amelyért a Royal Society 1673-ban tagjává választotta. 1676-tól a hannoveri hercegi család könyvtárosa. 1675-ben fedezte fel az infinitezimális számítás alapjait, ugyan *Newton* felfedezése után 10 évvel, de bizonyíthatóan tőle függetlenül és a máig is használt, *Newton*énál szerencsésebb jelölésmóddal. 1684-ben jelenik meg az *Acta Eruditorum*-ban összefoglaló cikke: ,,Nova methodus pro maximis et minimis itemque tangentibus." 1700-ban megalapítja a berlini akadémiát. 1710-ben, illetőleg 1714-ben jelenik meg legfőbb filozófiai munkája, az *Essais de théodizée* és a *Monadologie* című műve. (Az előzőben lefektetett filozófiai felfogást gúnyolja ki *Voltaire* a *Candide*-ban.)

*Leibniz* legjelentősebb hozzájárulása a fizika fejlődéséhez az 1686-ban írt, *Brevis demonstratio memorabilis erroris Cartesii* című munkájában található. Ebben rámutat arra, hogy a *Descartes* által megkövetelt megmaradási tétel nem a „quantitas motus"-ra vonatkozik, hanem a „vis viva"-ra, más szóval, nem a mozgásmennyiség abszolút értéke, ($mv$), hanem az eleven erő, ($mv^2$) marad meg a testek mozgása folyamán.

*Leibniz* azt is észrevette, hogy a vis viva ezen kifejezésében a „potentia motrix"-ot, ma úgy mondanánk, potenciális energiát is hozzá kell számítani. Az így nyert abszolút eleven erő (force vive absolue) az, ami a mozgás folyamán megmarad. Az eleven erő megmaradásának tételét rugalmatlan ütközésekre is kiterjesztette: a test elvesztett eleven ereje a testet alkotó részecskék eleven erejévé alakul át.

*Leibniz*et tekintik a formális logika megalapítójának is.

Kegyvesztetten, mindenkitől elhagyatva halt meg.

***Az eleven erő (=energia) megmaradásának első kimondója***

## A mechanika továbbfejlődésének két útja:

1. Newton gondolatainak közvetlen továbbfejlesztése:

   Newton törvényei tömegpontokra igazak.

   A tömegpontrendszerek,
   merev testek,
   deformálható testek,
   folyadékok mechanikájának kidolgozása a XVIII. századi követőkre várt.

Legnagyobbak: a Bernoulliak
és Euler ( analitikus mechanika).

*4.2—10 ábra*
A BERNOULLI család három generációja nyolc kiváló matematikust és fizikust adott. Legtöbbjük a bázeli egyetemen tanított. A fizikatörténet szempontjából legjelentősebb a két testvér, *Jakab* (1654—1705) és *Johann* (1667—1748), de mindenekfölött ez utóbbi fia, *Daniel* (1700—1782) tevékenysége.

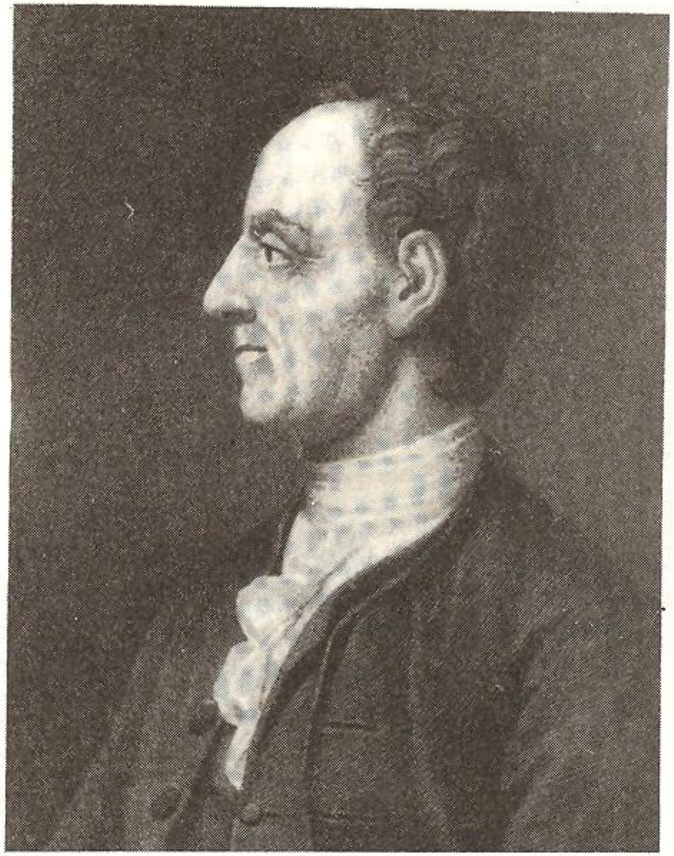
*Daniel Bernoulli* orvosnak tanult, de érdeklődése a matematika felé vonta. 1725-ben Pétervárra ment matematikát tanítani. 1733-ban tért vissza Bázelbe, ahol először az anatómia és botanika professzora lett, majd apja halála után fizikát tanított. Nevét az 1733-ban megfogalmazott, de csak 1738-ban, *Hydrodinamica* című művében publikált Bernoulli-egyenlet őrzi. Kinetikus gázelmélete már egészen modern hangvételű

$$\frac{v_2^{\,2}}{2} + U_2 + P_2 = \frac{v_1^2}{2} + U_1 + P_1 \;,\; P = \int \frac{dp}{\rho(p)}$$

Bernoulli-egyenlet

- középiskolásan

$$\rho \frac{v^2}{2} + \rho g h + p = \acute{a}lland\acute{o}$$



1707

*4.2—2 ábra*
LEONHARD EULER (1701—1783), kortársai által „mathematicus acutissimus''-nak nevezett svájci tudós a XVIII. század matematikájának meghatározó egyénisége. A fizikában *D'Alembert* mellett az analitikus mechanika megalapítója; nevét a szilárd testek mozgását leíró Euler-egyenletek, valamint a hidrodinamika Euler-egyenletei őrzik. Mint a variációszámítás megalapozója ért el eredményeket a mechanikai minimálelv megfogalmazásában (a Maupertuis-elvet is ő fogalmazta korábban és precízebben, mint *Maupertuis*). Részletesen vizsgálta a húrok és membránok rezgéseit, és az uralkodó newtoni elmélettel szemben a fényt mint rezgési állapotot fogta fel; igaz, hogy longitudinális hullámként kezelte. Megcáfolta *Newton* állítását az akromatikus lencsék készítésének lehetetlenségéről. *Euler* életének legnagyobb részét az Orosz Tudományos Akadémia tagjaként Péterváron töltötte; ott is halt meg.

Hidrodinamikai Euler-egyenlet

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{f} - \frac{1}{\rho}\nabla p \qquad \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}\nabla)\vec{v}$$

Kontinuitási egyenlet

$$\frac{d}{dt}\int_V \rho dV = -\oint_A \rho\vec{v}d\vec{A}, \quad \frac{\partial\rho}{\partial t} + \nabla(\rho\vec{v}) = 0$$

# Néhány eredménye:

Első publikált bizonyítását adta Fermat állításának: minden 4k+1 alakú prímszám két négyzetszám összege.

Ő jelölte először $\pi$-vel a kör kerületének és átmérőjének arányát, e-vel az $(1+ 1/n)^n$ sorozat határértékét.

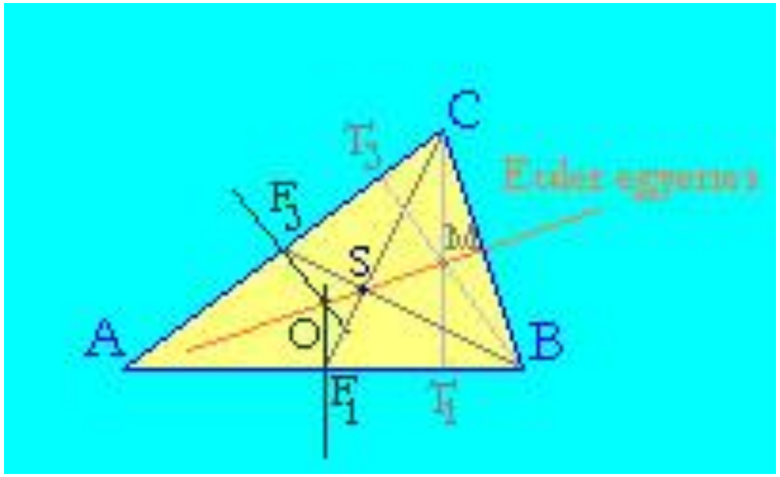
Levezette az $e^{i\pi} = -1$ egyenlőséget.

Az analitikus geometria keretében szinte egymaga megalkotta a ma használatos trigonometriát.

***Síkgeometriában felfedezte és a nevét viseli a háromszög Euler-egyenese (1744).***

Bizonyította a róla elnevezett Euler-tételt, mely összefüggést ad egy poliéder csúcsainak, éleinek és lapjainak száma között (1744).

Elsőként haladta meg a kúpszeletek tárgyalása során Apollóniosz eredményeit.



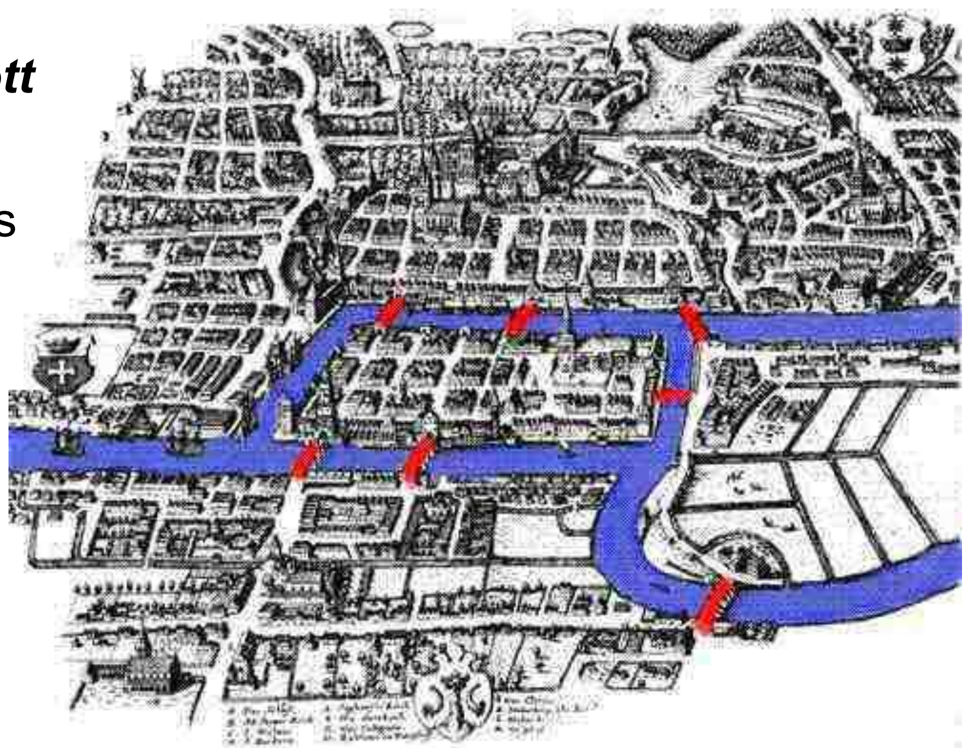
***A gráfelmélet nyitányát jelenti a königsbergi hidak általa megoldott problémája.***

Megoldotta a karcsú rudak rugalmas kihajlásának problémáját.

A hidrodinamikát ma is az ő felfogásában tárgyalják.

Az örvényszivattyúk és turbinák méretezését ma is az Euler-turbinaegyenlet szerint végzik.

A pörgettyűmozgást az Euler-féle kinetikai egyenletek segítségével vizsgálta.



Mai tudásunk szerint „publikációs listája” 866 írásművet tartalmaz. Halálakor csak 560 megjelent műve volt, a többi akkor kiadás alatt volt. 61 kéziratot halála után 60 évvel találtak meg.

Melyik nem Euler eredménye?

a) kontinuitási egyenlet
b) a hidrodinamika alapegyenlete
c) tömegpontok kinematikája
d) a pörgettyűmozgás egyenletei

A newtoni elméletek továbbfejlesztésében az alábbiak közül ki nem vett részt?

a) Euler
b) Bernoulli
c) Huygens
d) Lagrange

2. Új mechanikai elvek felállítása (az empíria csökkentésének igénye)

Az ókortól ismert az egyensúlyban érvényes virtuális munka elve:

$$\vec{F}\delta\vec{r} = 0$$

A szabaderők virtuális munkája zérus (tetszőleges virtuális elmozdulásokra)

D'Alembert elve:

Az „elveszett erő” virtuális munkája zérus

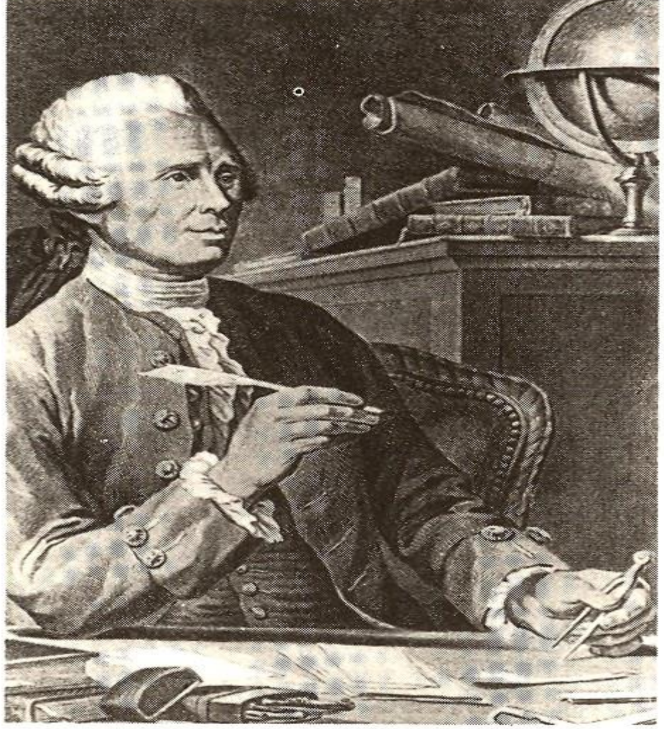
$$(\vec{F} - m\vec{a})\delta\vec{r} = 0$$

→ a dinamika formai visszavezetése sztatikára.

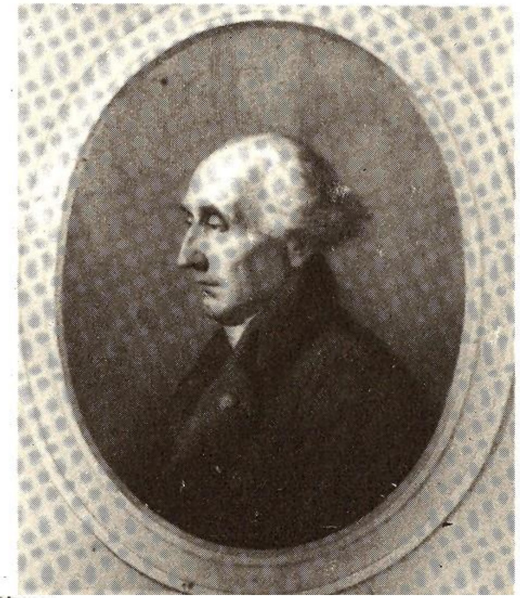
Maupertius elve: a legkisebb hatás elve (a Fermat-elv analógiájára)

$$\int m\vec{v}\, d\vec{r} = \min$$

Lagrange: a variációs elvek alkalmazása kényszermozgásokra.



*4.2—7 ábra*
JEAN LE ROND D'ALEMBERT (1717—1783) anyja, a francia szalonok ismert alakja, a Saint Jean le Rond-templom lépcsőjére tette ki törvénytelen gyermekét. Nevelőanyját az apa bőven ellátta pénzzel, így a fiatal *Jean Le Rond* jó nevelésben részesült. 1743-ban jelent meg a fizika szempontjából legfontosabb műve, a *Traité de dynamique*. Foglalkozott optikával is, sőt a szél eredetéről szóló művével akadémiai díjat is nyert 1746-ban. 1754-ben a Francia Akadémia tagja lett, 1772-ben pedig annak állandó titkára. Talán még jelentősebb a nagy francia enciklopédia egyik főszerkesztőjeként kifejtett munkássága. Bevezető cikke (*Discours préliminaire*, 1750) a francia felvilágosodás hitvallása. Filozófiai vonalon *Bacon*hoz és *Locke*-hoz, vagyis az angol empirista irányhoz csatlakozik. Sokan úgy emlegetik őt, mint a pozitivizmus első képviselőjét. Valóban még a minimálelvekben is, sőt az energiamegmaradás elvében is metafizikát lát, és így azokat határozottan elveti. 1757-ben kifáradva a harcoktól visszalép az *Enciklopédia* szerkesztésétől



*4.2—11 ábra*
JOSEPH-LOUIS LAGRANGE (1736—1813) Torinóban született, ott is nevelkedett. 19 éves korában a torinói tüzériskolában a matematika tanára lett. Az általa alapított Torinói Királyi Akadémia kiadványában jelentek meg első jelentős matematikai és fizikai munkái (az izoperimetrikus probléma megoldása, rezgő húrok elmélete, hangterjedés). *Euler* utódaként (*Euler* Pétervárra ment) *Lagrange* húsz évig Berlinben dolgozott. 1787-től Párizsban él. 1795-től az École Normale és az École Polytechnique előadója. Kiváló pedagógusként, személyén és könyvein keresztül hatva, tudós nemzedékek tisztelték szellemi atyjukként. Legnagyobb hatású munkája a *Mécanique analytique* (1788, Párizs) és a *Théorie des functions analytiques* (1797). *Hamilton* az előző munkát e szavakkal értékelte: a scientific poem (egy tudományos költemény)

Párosítsuk össze a fizikusokat és eredményesen művelt tudományterületüket!

1. hidrodinamika
2. a dinamika formai visszavezetése sztatikára
3. pörgettyűk mozgása
4. analitikus mechanika

a) Bernoulli
b) Euler
c) Lagrange
d) D'Alembert

| | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| 1 | X | | | |
| 2 | | | | X |
| 3 | | X | | |
| 4 | | | X | |

# A XVIII. század a fény évszázada, az ész évszázada.

A tudományos elméleteket már nem kell az egyházzal és az ókori filozófiával „egyeztetni”.
„Arisztotelész és az inkvizíció már erőtlen.”
„ A ***felvilágosodás*** az ember kilépése önhibájából fakadt kiskorúságából” (Kant)

A felvilágosodás „bibliája” a nagy francia ***Enciklopédia***.

Tudomány, művészet és mesterségek egyenrangúak benne.

1751. → 1. kötet
1757. → 7. kötet
1762. → 17. kötet (részben titokban)
1772. → 35. kötet

# ENCYCLOPÉDIE,

OU

# DICTIONNAIRE RAISONNÉ DES SCIENCES, DES ARTS ET DES METIERS,

*PAR UNE SOCIETÉ DE GENS DE LETTRES.*

Mis en ordre & publié par M. *DIDEROT*, de l'Académie Royale des Sciences & des Belles-Lettres de Pruſſe; & quant à la PARTIE MATHEMATIQUE, par M. *D'ALEMBERT*, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Pruſſe, & de la Société Royale de Londres.

*Tantùm series juncturaque pollet,*
*Tantùm de medio ſumptis accedit honoris!* HORAT.

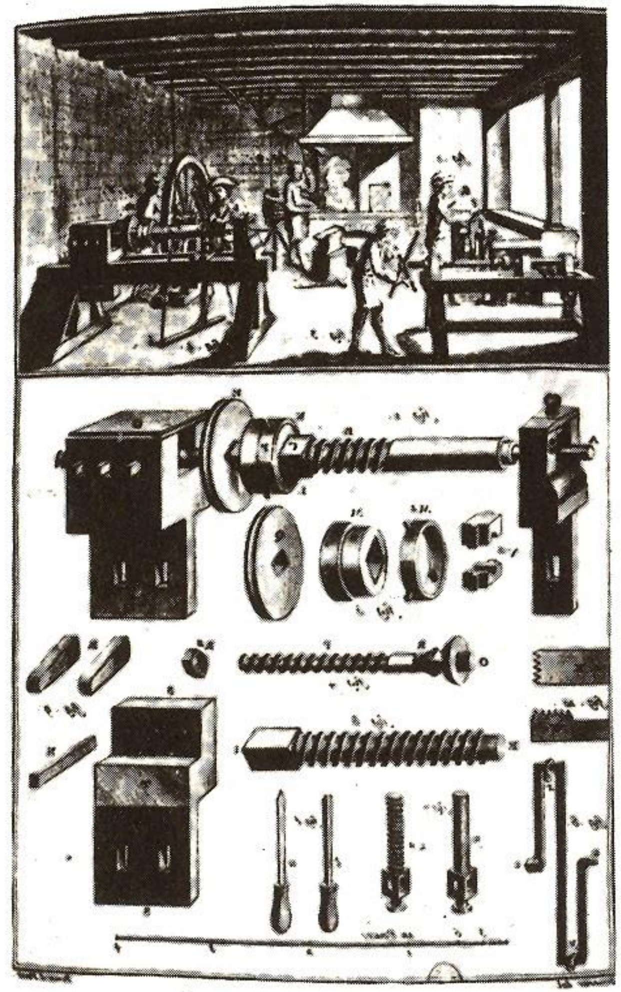
TOME SECOND.

A PARIS,

Chez BRIASSON, *rue Saint Jacques, à la Science.*
DAVID l'aîné, *rue Saint Jacques, à la Plume d'or.*
LE BRETON, *Imprimeur ordinaire du Roy, rue de la Harpe.*
DURAND, *rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.*

M. DCC. LI.

*AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.*

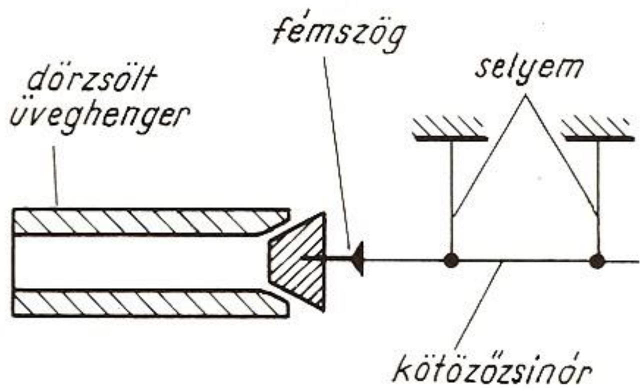


# Kvalitatív elektrosztatika

Az alapjelenségeket már az ókori görögök is ismerték, tőlük jött az elnevezés. *Borostyán – elektron, mágneskő – magnetit*

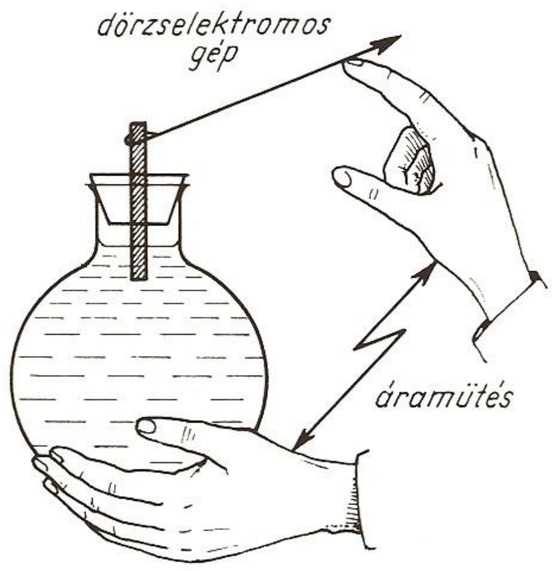
Első jelentős középkori tudós: Gilbert (1544-1603) – iránytű elmélet, új elektromos anyagok.

Gray (1666-1736): az elektromosság zsinegen több száz méterre is elvezethető, kétfolyadékos elektromosság.




4.4—8 ábra
Gray kísérletének vázlata

Musschenbroek: a leideni palack

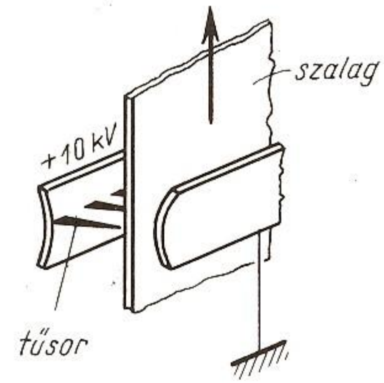



4.4—9 ábra
Musschenbroek így fedezte fel a leideni palack „sűrítő" hatását

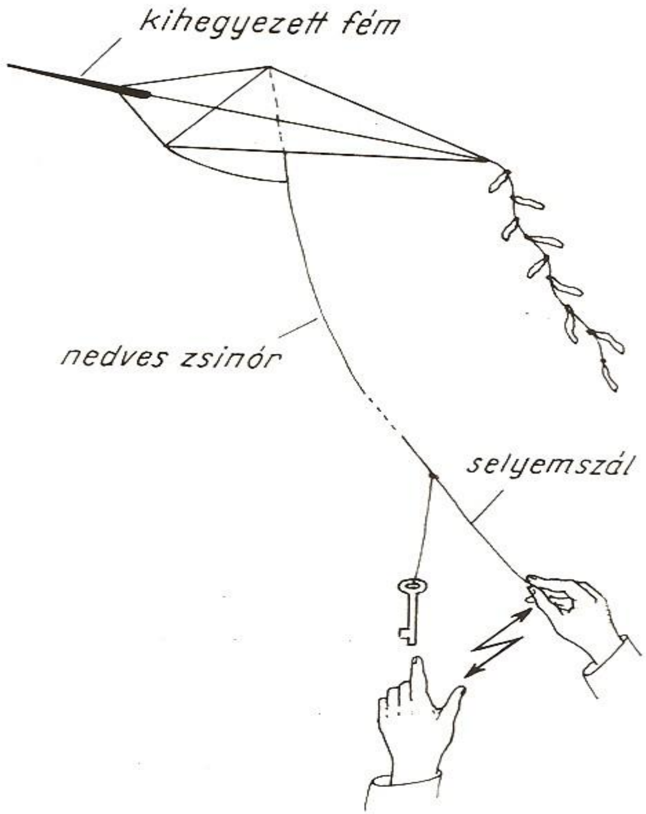
Leideni palackok a bécsi Műszaki Múzeumban

# Franklin (1706-1790): az első amerikai tudós

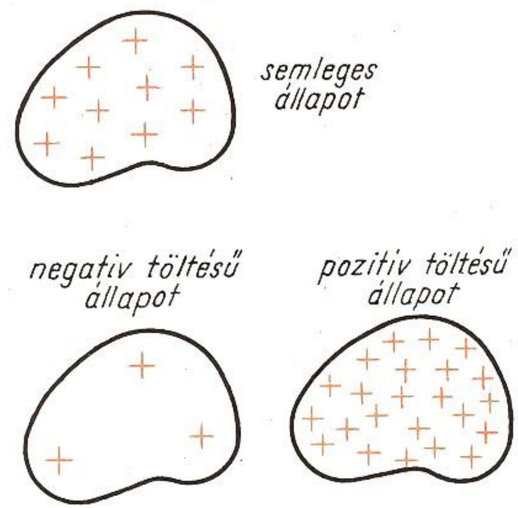
- a villám is elektromosság
- csúcshatás, villámhárító
- egyfolyadékos elektromosság




4.4—13 ábra
A sok millió voltos Van de Graaff típusú magfizikai gyorsító berendezések futószalagját ma is a *Franklin* által megállapított „csúcshatás" segítségével látják el töltéssel

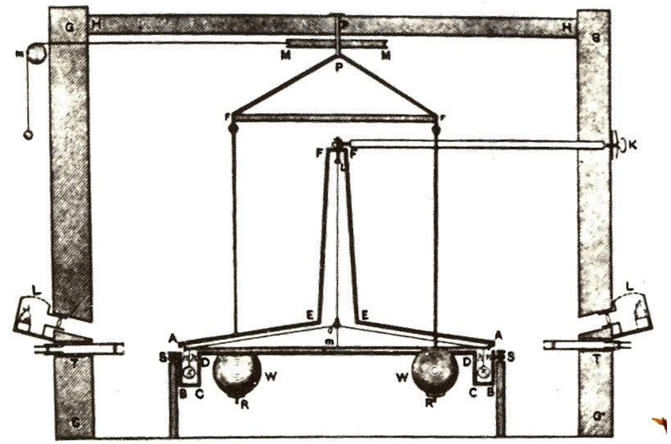



4.4—12 ábra
Franklin kísérletének vázlata.




4.4—14 ábra
Franklin egyetlen töltésfajtát tételezett fel

# Kvantitatív elektrosztatika:



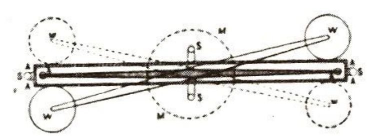
Coulomb és Cavendish: a torziós mérleg

**A Coulomb-törvény** $\vec{F} = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2}\vec{e}_r$

Alakja hasonlít a gravitációs törvényre

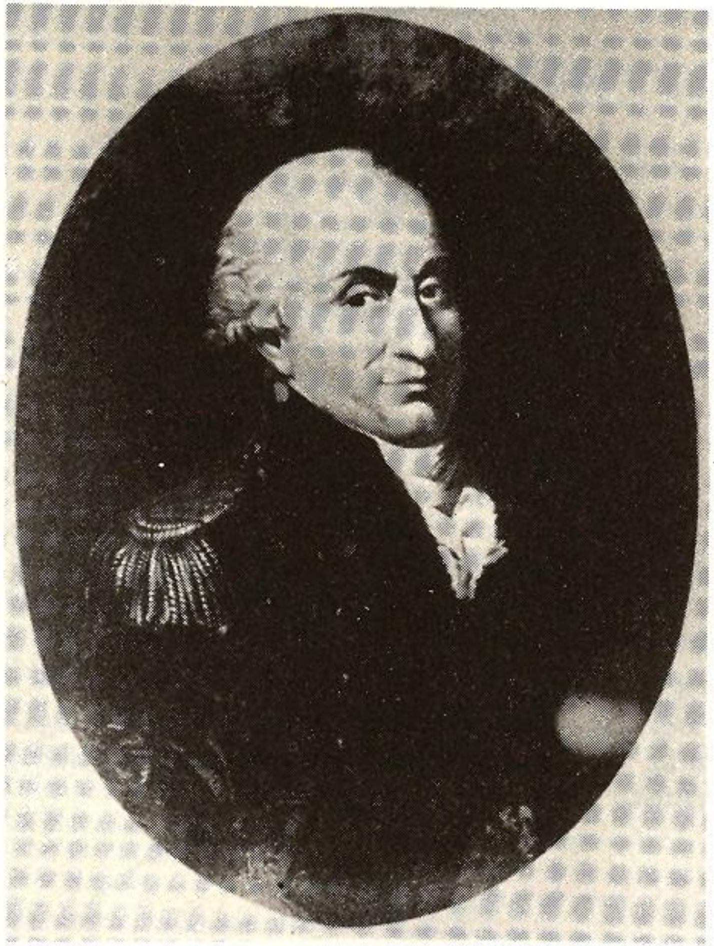
Korábban már mások is felfedezték, de a részletes vizsgálatokat Coulomb végezte el.

**Cavendish** (1731-1810) szintén precízen megmérte, de ezt nem publikálta, őt „fontosabb dolgok” érdekelték: a gravitációs állandó és a Föld tömege és átlagsűrűsége.

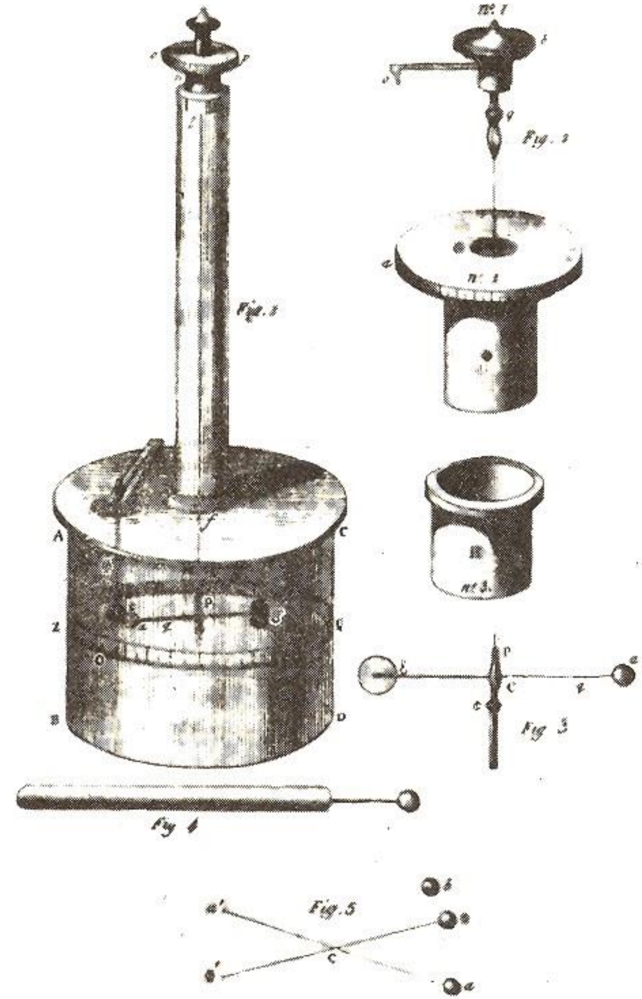


Cavendish torziós ingája

Érdekesség: „műszere” az áramütés erőssége.



*4.4–17 ábra*
CHARLES AUGUSTE DE COULOMB (1736–1806) kilenc évi hadmérnöki tevékenység után kezdett el tudományos kutatással foglalkozni. 1784 és 1789 között végzett méréseivel igazolta a róla elnevezett Coulomb-törvényt. 1785-ben megjelent *Théorie des machines* című könyvében a súrlódással, szilárdságtani vizsgálatokkal, ezek között a torziós vizsgálatokkal foglalkozott, amelyek a torziós mérleg konstrukciójához vezettek




*4.4–18 ábra*
*Coulomb* torziós mérlege. A mérleget és a vele végzett méréseket 1784-től kezdve publikálta


**Cavendish** (1731-1810)

**Eredményei:**

•**Kémia:**

a víz kémiai értelemben nem elem, hanem a hidrogén égésterméke, a levegő oxigén és nitrogén keveréke (1766)

•**Elektromosságtan** (nem publikálta)

Több mint egy évszázad elteltével James Clerk Maxwell vizsgálta át Cavendish hagyatékát és bukkant rá felfedezéseire, amelyeket azonban időközben mások is felismertek, így ma az ő nevükhöz kötjük a jelenségeket: feszültség, áramerősség, kapacitás, Ohm-törvény, Coulomb-törvény

•**Gravitáció:** torziós ingával igazolta Newton gravitációs törvényét, megmérte a Föld tömegét és átlagsűrűségét, amit 5,48 g/cm³-nek talált (1798). A ma elfogadott érték szerint a Föld közepes sűrűsége 5,52 g/cm³.

Ki fedezte fel a ponttöltések közötti erőhatás törvényét?

a) Huygens és Newton
b) Newton és Gauss
c) Gauss és Coulomb
d) Coulomb és Cavendish

Melyik kísérleti eszközzel igazolták a Coulomb törvényt?

a) cikloidális inga
b) fonálinga
c) torziós inga
d) Eötvös-inga

Az elektrosztatika teljes kidolgozása:

Laplace és Gauss.

4.4 – 20 *ábra*

PIERRE SIMON LAPLACE (1749–1827) paraszti származású, egyházi pályára készült. 22 éves korában *D'Alembert* szerzett számára matematikatanári állást Párizsban. Élénk közéleti és tudományszervezői tevékenységet folytatott. A kémikus *Claude-Louis Berthollettel* (1748–1822) közösen alapították az Arcueil-i társaságot, ahol fiatal tudósok kaptak indítást. Az Akadémia tagja; *Napóleon* uralkodása alatt rövid ideig belügyminiszter.

Fontosabb munkái: *Exposition du système du monde* (1796). Ezen népszerűen, irodalmi stílusban megírt művében szerepel a Naprendszer keletkezésének elmélete (Kant–Laplace-elmélet).

*Mécanique céleste* (1799–1825), 5 kötet. Ebben szerepel a sok konkrét asztronómiai probléma tárgyalása mellett a $\Delta U = 0$ Laplace-egyenlet is. A valószínűségszámításról és statisztikai vizsgálatairól az alábbi két művében számol be: *Théorie analitique des probabilités* (1812); *Essay philosophique sur les probabilités* (1814). Ez utóbbi előszavában található a sokat idézett Laplace démona.

Az *Égi Mechanika* első köteteinek megjelenése után *Napóleon* azt a megjegyzést tette, hogy *Laplace* ugyan sok száz oldalon szól az égről, de a jóisten sehol nem szerepel benne; „Nem volt szükségem erre a hipotézisre, Sire" (Je n'avais pas besoin de cette hypothèse là, Sire) – válaszolta *Laplace*

*4.4–21 ábra*

*Karl Friedrich Gauss* (1777–1855) apja kőműves volt; Göttingenben végezte az egyetemet; Braunschweigben magántanár, majd 1807-től haláláig az újonnan létesített Asztronómiai Intézet igazgatója és a matematika és asztronómia professzora Göttingenben.

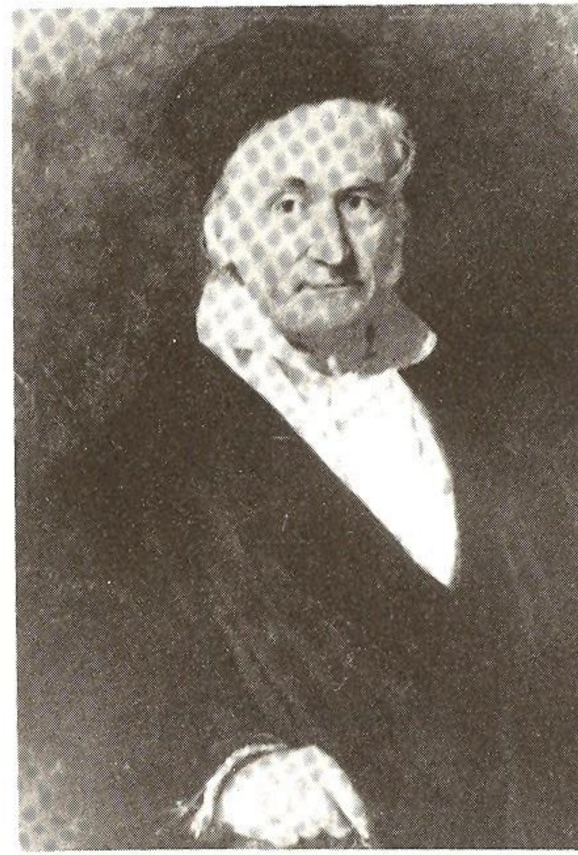
Fiatal korában számelmélettel foglalkozott. Ide vonatkozó eredményei *Disquisitiones Arithmeticae*, 1801 című munkájában összegeződtek. Későbbi tevékenységének súlypontja tízévenként változik: 1800–1820 asztronómia, 1820–1830 geometria, 1830–1840 elméleti fizika. Főbb, összefoglaló jellegű munkái: *Theoria motus corporum coelestium*, 1809; *Disquisitiones circa superficies curvas*, 1827; *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata*, 1833; *Dioptrische Untersuchungen*, 1840.

A fizika fejlődésére közvetlenül ható, vagy abban állandóan felhasznált matematikai eredményei: a legkisebb négyzetek módszere, a Gauss-eloszlás, a felületek belső geometriája, a hipergeometrikus sorok, a Gauss-számsík, a faktoriális függvény.

Legfontosabb eredményei a fizikában: a legkisebb kényszer elve, a lencsék leképzésének általános elmélete, az elektrosztatika Gauss-tétele, a Gauss-mértékrendszer, a mágneses nyomaték mérésének elve: Gauss-féle főhelyzetek.

*Gauss* méltán kapta meg a *princeps mathematicorum* címet; ez a cím később *David Hilbertre* szállt. Zsenialitása már kora gyermekkorában megmutatkozott. Kilencéves volt, amikor a tanító azt a feladatot adta az osztálynak, hogy adják össze a számokat 1-től 60-ig. A kis Gauss rögtön megadta a választ: 1830. Észrevette, hogy $1+60=2+59=3+58...=61$ és 30 ilyen párt lehet képezni; tehát az összeg $30 \cdot 61=1830$.

Az $x^n-1=0$ egyenlet megoldásait vizsgálva megállapította, hogy melyek azok a szabályos sokszögek, amelyek körzővel és vonalzóval megszerkeszthetők; így megadta a 17 oldalú szabályos sokszög szerkesztését. Erre az eredményre olyan büszke volt, hogy



sírjára is ezt vésette.

Az elektrosztatika Gauss-törvénye $$\oint_A \overleftarrow{D} d\vec{A} = Q_V$$

Magyar vonatkozás:

Gauss azt is állította, hogy felfedezte ***a nem-euklideszi geometriák*** lehetőségét, de sohasem publikálta. Ez a felfedezés jelentős paradigmaváltás volt a matematikában, mivel megszabadította a matematikusokat attól a tévhittől, hogy Euklidesz axiómáinak alkalmazása az egyetlen út a geometria következetessé és ellentmondásoktól mentessé tételére. Ezeken a geometriákon végzett kutatások vezettek többek között Albert Einstein relativitáselméletéhez, amely a világegyetemet nem-euklidesziként írja le.

Barátja, Bolyai Farkas (akivel Gauss még diákként örök barátságot fogadott) éveken keresztül hiába próbálta bizonyítani a párhuzamossági axiómát Euklidesz többi geometriai axiómájából.

Bolyai fia, Bolyai János 1829-ben fedezte fel a nem-euklideszi geometriát; a munkáit 1832-ben publikálta. Miután ezt látta Gauss, azt írta Bolyai Farkasnak: „Ezt dicsérni saját magam dicséretével járna. Mivel a munka teljes tartalma … szinte teljesen megegyezik saját gondolataimmal, amelyek az utolsó 30-35 évben lefoglalták az agyamat.” Ez a be nem bizonyított állítás nagy terhet helyezett Bolyai Jánossal való kapcsolatára, aki úgy gondolta, hogy Gauss ellopta az ő ötletét.

Párosítsuk össze a fizikusokat és a felfedezésüket!

1. A villámhárító felfedezése
2. Az áramok mágneses hatásának felfedezése
3. Az elektrosztatika törvényeinek megalkotása
4. A ponttöltések közötti erőhatás törvényének megalkotása

a) Gauss
b) Coulomb
c) Franklin
d) Ampere

| | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | X | |
| 2 | | | | X |
| 3 | X | | | |
| 4 | | X | | |