

# **A fizika története**

**(GEFIT555-B, 2+0, 2 kredit)  
2024/2025. tanév, 1. félév**

***Dr. Paripás Béla***

***4. Előadás (2024.10.03.)***

# 1. zárthelyi dolgozat

**2024. október 31.**

*14.00-től az előadás helyszínén, minden 3. sor kimarad, a többiben minden 2. szék foglalható el*

*14.00 – 14.40 A – L betűvel kezdődő vezetéknévű hallgatók*

*14.40 – 15.20 M – Zs betűvel kezdődő vezetéknévű hallgatók írnak*

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:** 2024. október 11-én (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 percre a Tanszék előtt.

**Személyazonosságát igazoló okmányt mindenki hozzon magával!**

## A Newton-inga



# Ismétlés

Newton mozgástörvényei:

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

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

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

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

**erő = tömeg × gyorsulás**

3. Kölcsönhatás során a kölcsönható két test 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.

*Ed. Paris. Koenig. 1745.*

Autore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Mathematicæ  
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.  
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.

Julii 5. 1686.

*10/12/1910*

*J. Jod. Wotter.*

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 nullo perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directione, nisi quatenus a viribus impressis cogatur statum illum mutare.*

**P**rojectilia perseverant in motibus suis nisi quatenus a resistentiæ aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes colligendo perpetuo retrahunt sese a motibus rectilineis, non cessat rotari nisi quatenus ab aere retardantur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatis nituis resistentiis tactis conservant diutius.

## Lex. II.

*Motumquem motus proportionaliter 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 quotiens 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 utriusque determinationem componitur.

## Lex. III.

## Lex. III.

*Alioni contrariam semper & æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se invicem semper esse æquales & in partes contrarias dirigi.*

Quicquid premit vel trahit alterum, tantundem ab eo premitur vel trahitur. Siquis lapidem digito premit, premitur & hujus digito a lapide. Si equus lapidem funi allegatum trahit, retrahetur etiam & equus æqualiter in lapidem: nam funis utriusque distentus eodem relaxandi se conatu urgetur Equum versus lapidem, ac lapidem versus equum, tantumque impedit progressum unius quantum promovet progressum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum ejus vi sua quomodocumque mutaverit, eodem quoque vicissim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob æqualitatem pressionis mutuz) subibit. His actionibus æquales sunt mutationes non velocitatum sed moruum, (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 littera separatis.*

Si corpus dato tempore, vi sola *M*, ferretur ab *A* ad *B*, & vi sola *N*, ab *A* ad *C*, complicatur parallelogrammum *ABDC*, & vi utraq; ferretur ad 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 genitæ. Accedet igitur corpus eodem tempore ad lineam *BD* sive vis *N* imprimatur, sive non, atque adeo in fine illius temporis reperietur aliquid in linea illa

## 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 erőter 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!!!**



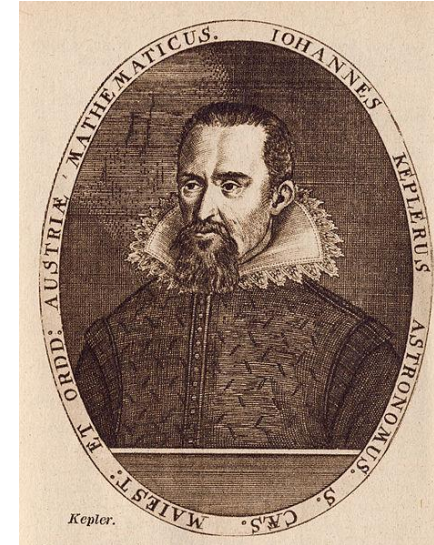
Ezt a törvényt Kepler harmadik törvénye alapján találta meg.

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

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

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

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



**Johannes Kepler**

[Weil der Stadt, 1571](#) –  
[Regensburg, 1630](#))

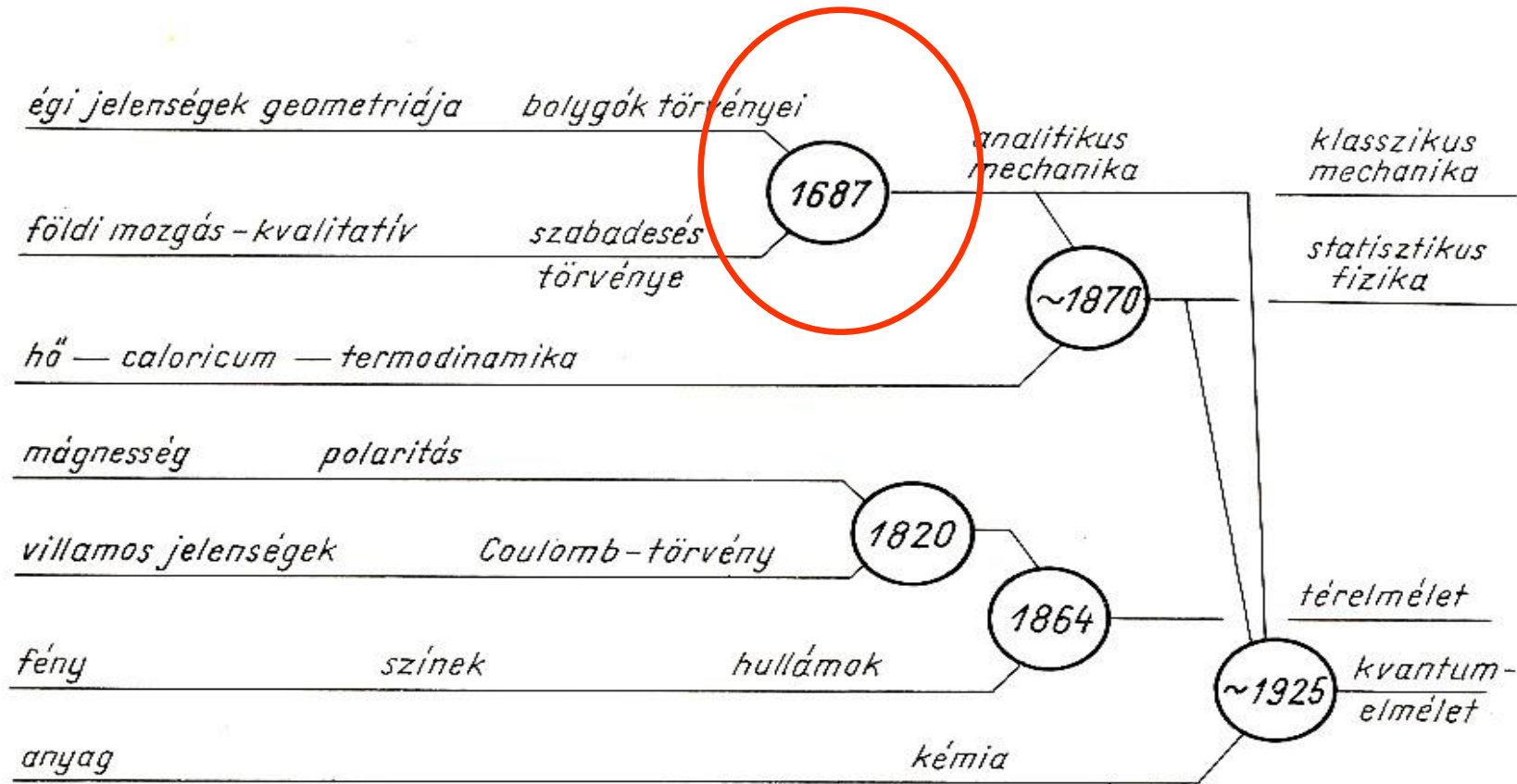
Az alábbiak közül melyik nem jellemzi a newtoni dinamikát?

- 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 Princípiában mivel nem foglalkozott Newton?

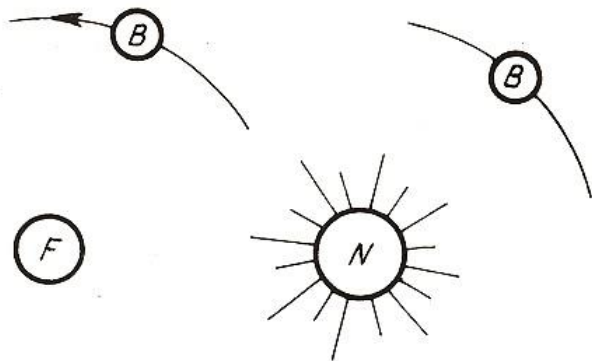
- a) tömegpontok dinamikája
- b) atomelmélet
- c) általános tömegvonzás
- d) bolygópályák levezetése

## Ismétlés

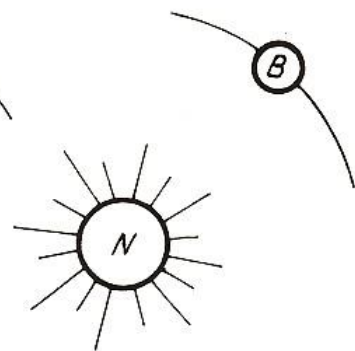


### 0.2–8 ábra

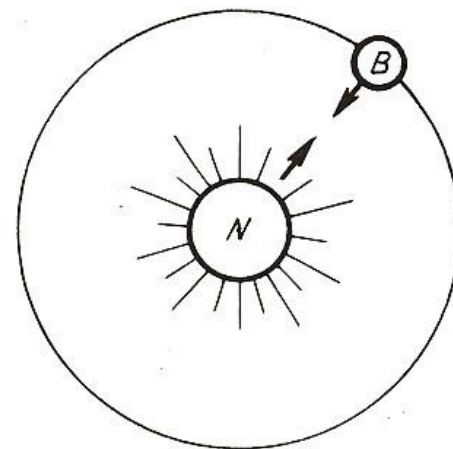
A fizikatörténet csomópontjai: a különböző jelenségcsoportok közötti kapcsolat felismerésének időpontjai (Hund: *Geschichte der physikalischen Begriffe* nyomán)



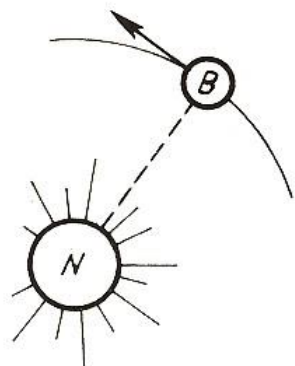
*mint istenség, a  
tökéletes utat járja  
(Püthagórasz)*



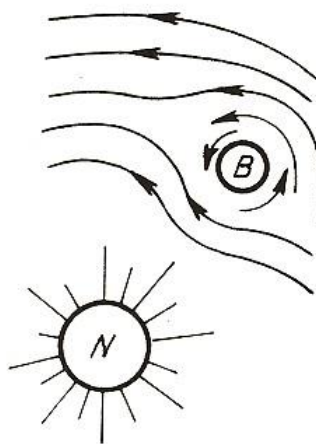
*természetes  
mozgása van  
(Galilei)*



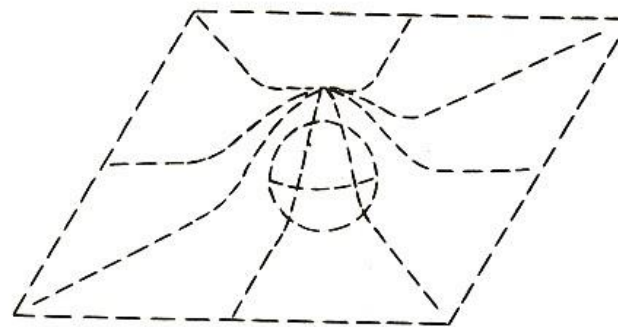
*vonzóerő hat az összekötő egyenes  
mentén  
(Newton)*



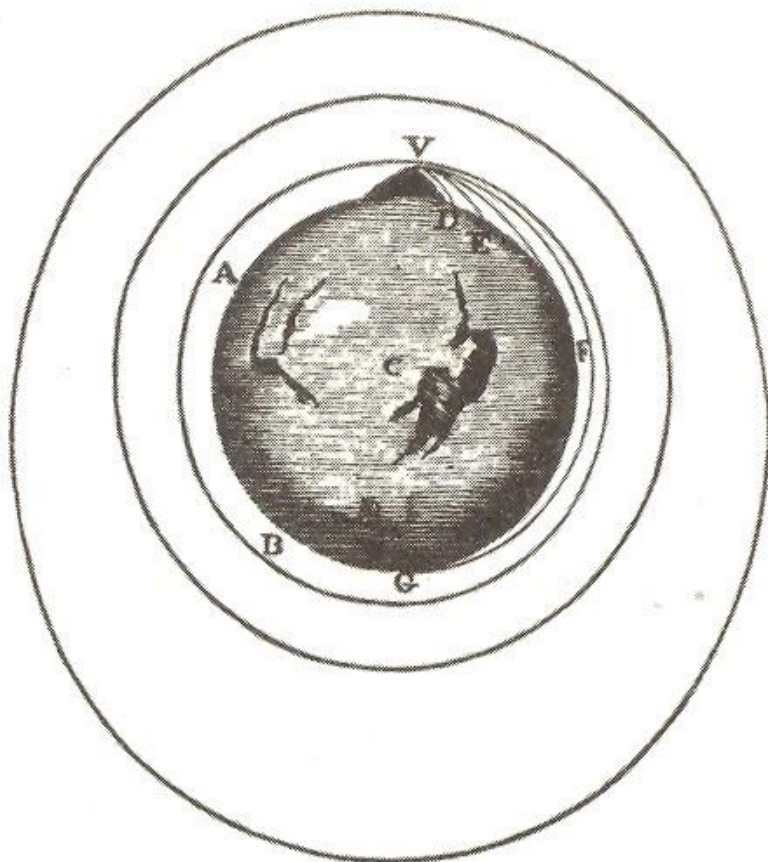
*az érintő mentén  
mágneses hatás  
mozgatja  
(Kepler)*



*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 erőkől 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

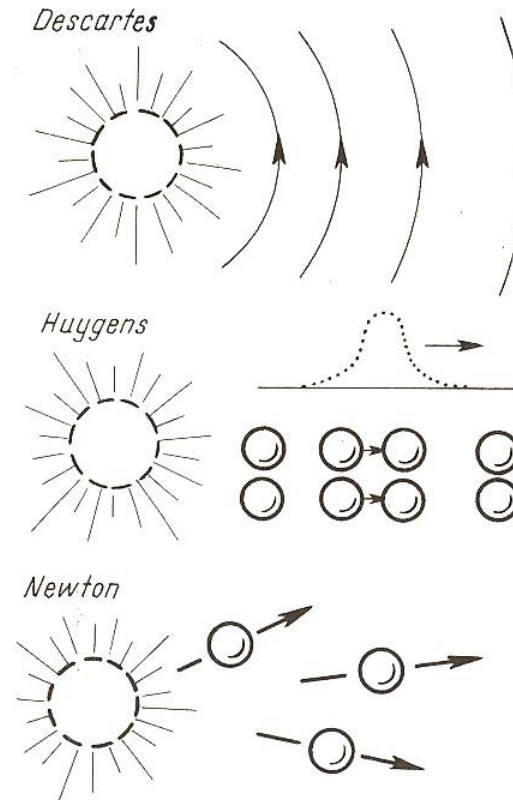
Melyik eseményt tekintjük az égi és földi mozgástörvények egyesítésének?

- a) a Kopernikuszi fordulatot
- b) a Galilei-pert
- c) a Princípiá 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 (korpuzzkula) áll, amelyek az üres térben is haladhatnak.  
**ez áll legközelebb az igazsághoz: foton**



4.1 – 17 ábra  
Fényelméletek a XVIII. század elején

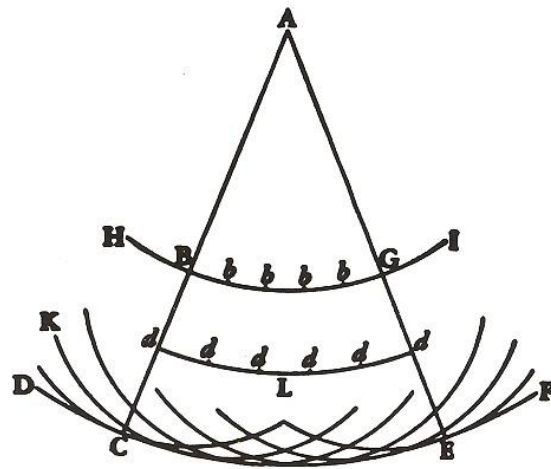


**Huygens elmélete:** a fény az éterrészecskék rugalmas rezgéseinek tovaterjedése.

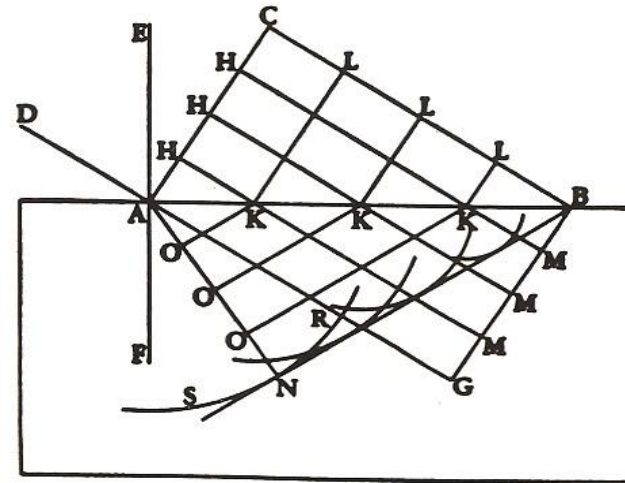
A kialakult hullámfelület minden pontjából elemi gömbhullámok indulnak, ezek burkolója az új hullámfelület.

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

Nála a fény longitudinális hullám, de közegeben a lassúbb.



4.1–3 ábra  
Az egyenes vonalú terjedés magyarázata

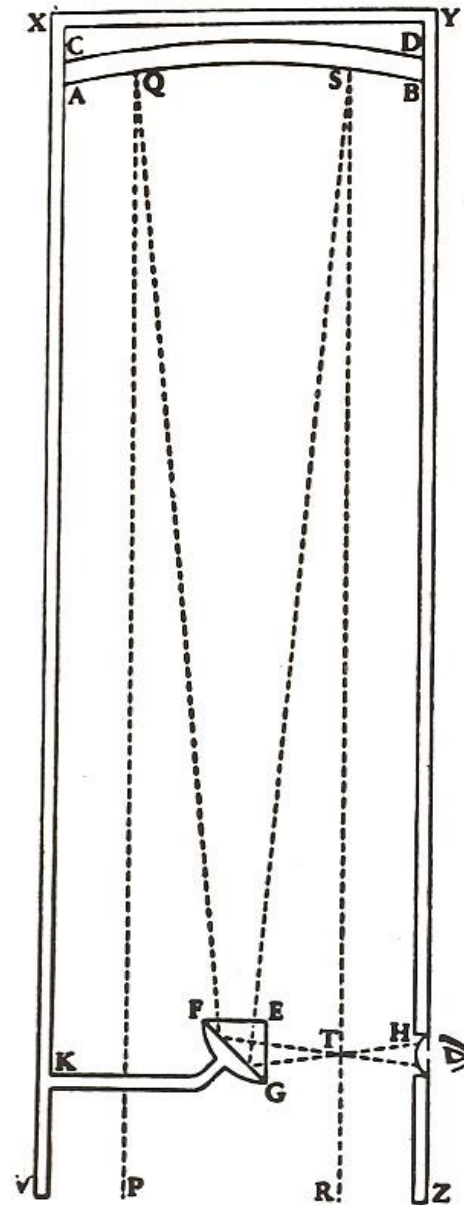


4.1–4 ábra  
A töréstörvény magyarázata. Ezt az ábrát – az előzővel együtt – Huygens könyvéből vetük; de megtaláljuk őket a mai fizikakönyvekben is

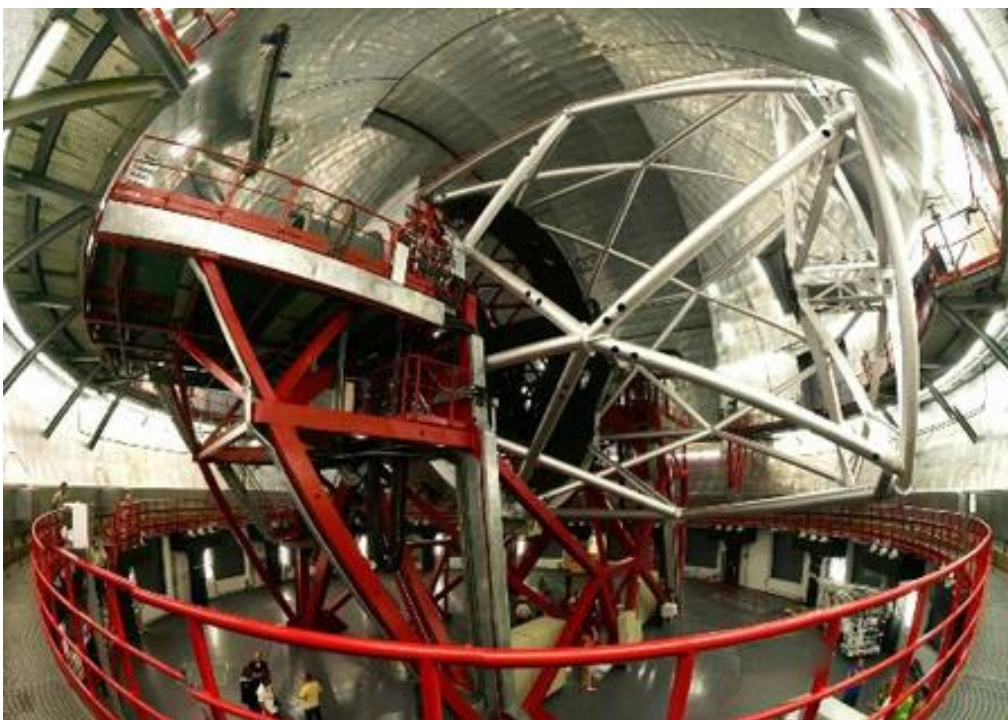
Newton eredeti célja: a távcső színhibájának vizsgálata.

Téves következtetése:  
a lencsénél 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

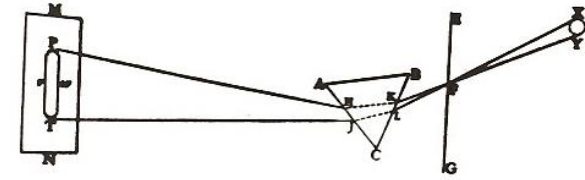


A világ legnagyobb távcsöve tükrös. Ez La Palma szigetén egy 2400 méteres hegycsúcson kapott helyet. A 10,4 méter átmérőjű tükör felülete 6 négyzetméterrel haladja meg az eddigi csúcstartó, 10 méteres Keck-tükrök felületét. Maga a tükör 36 darab hatszögletű szegmensből áll, amelyek együttesen az eddig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

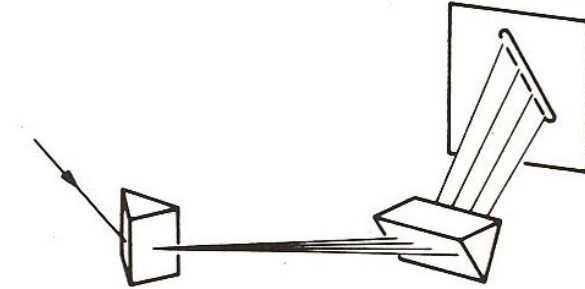
A szegmensek megfelelő helyzetben tartásáról kifinomult vezérlőrendszer gondoskodik, amely a rendkívüli pontosságú érzékelők adataira támaszkodva a tükörfelületeket még a távcső mozgatása közben is a megfelelő helyzetben tartja, mintha egyetlen egybefüggő, hatalmas felületet alkotnának.

## Helyes eredményei:

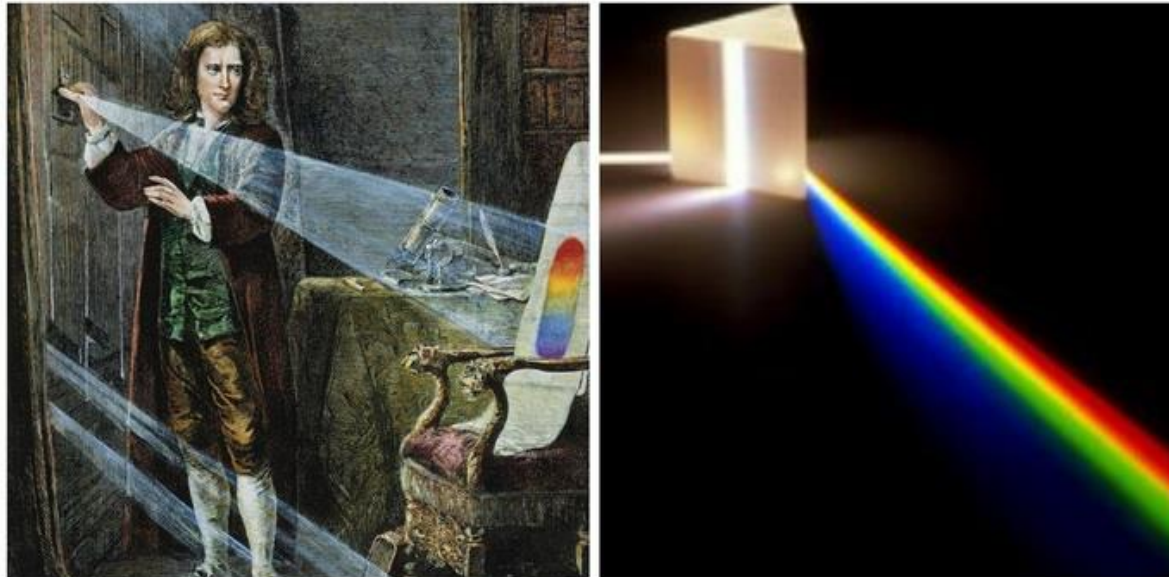
1. a fehér fény összetett
2. a spektrumszínek tovább nem bonthatók
3. a spektrumszínek helyes arányú összekeverésével ismét előáll a fehér szín
4. a törésmutató függvénye a színnek



4.1 – 10 ábra  
A spektrum előállítás



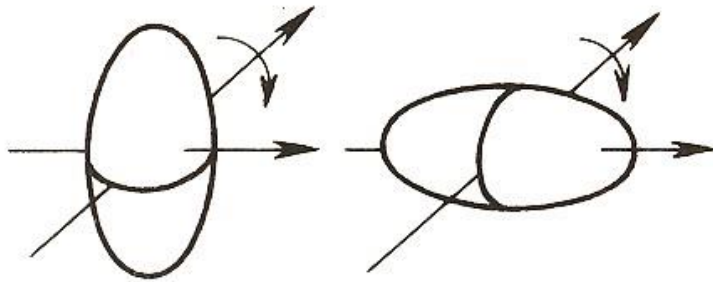
4.1 – 11 ábra  
Newton színelméletének „experimentum crucis”-a [0.21]



## Newton-féle színes gyűrűk:

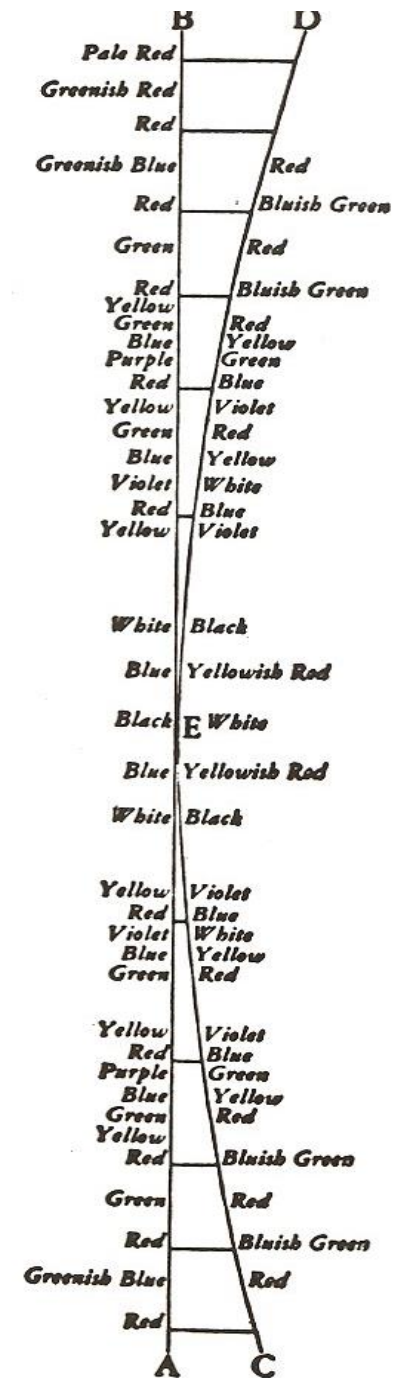
sík lapra helyezett domború lencse →  
vékonyréteg interferencia

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 ké-  
pet a jelenségről



Mi volt Newton elképzelése a fényről?

- a) a mindenséget kitöltő anyag örvénylése
- b) az éterrészecskék rugalmas rezgései
- c) korpuzkulákból 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:  $\dot{x}$ ,  $x'$

**Newton**

(fluens → fluxió)

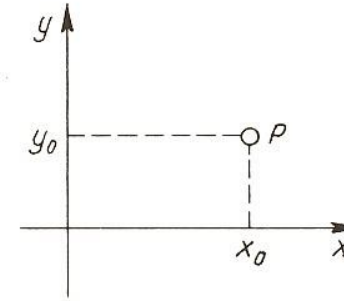
és

**Leibniz**

$$\frac{dx}{dt}, \int v dt$$

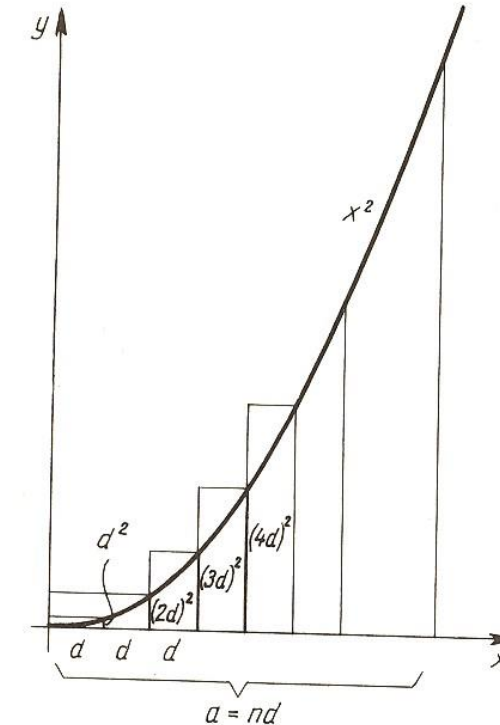
(infinitezimális számítás)

(a tudománytörténet egyik legrondább elsőbbségi vitája)



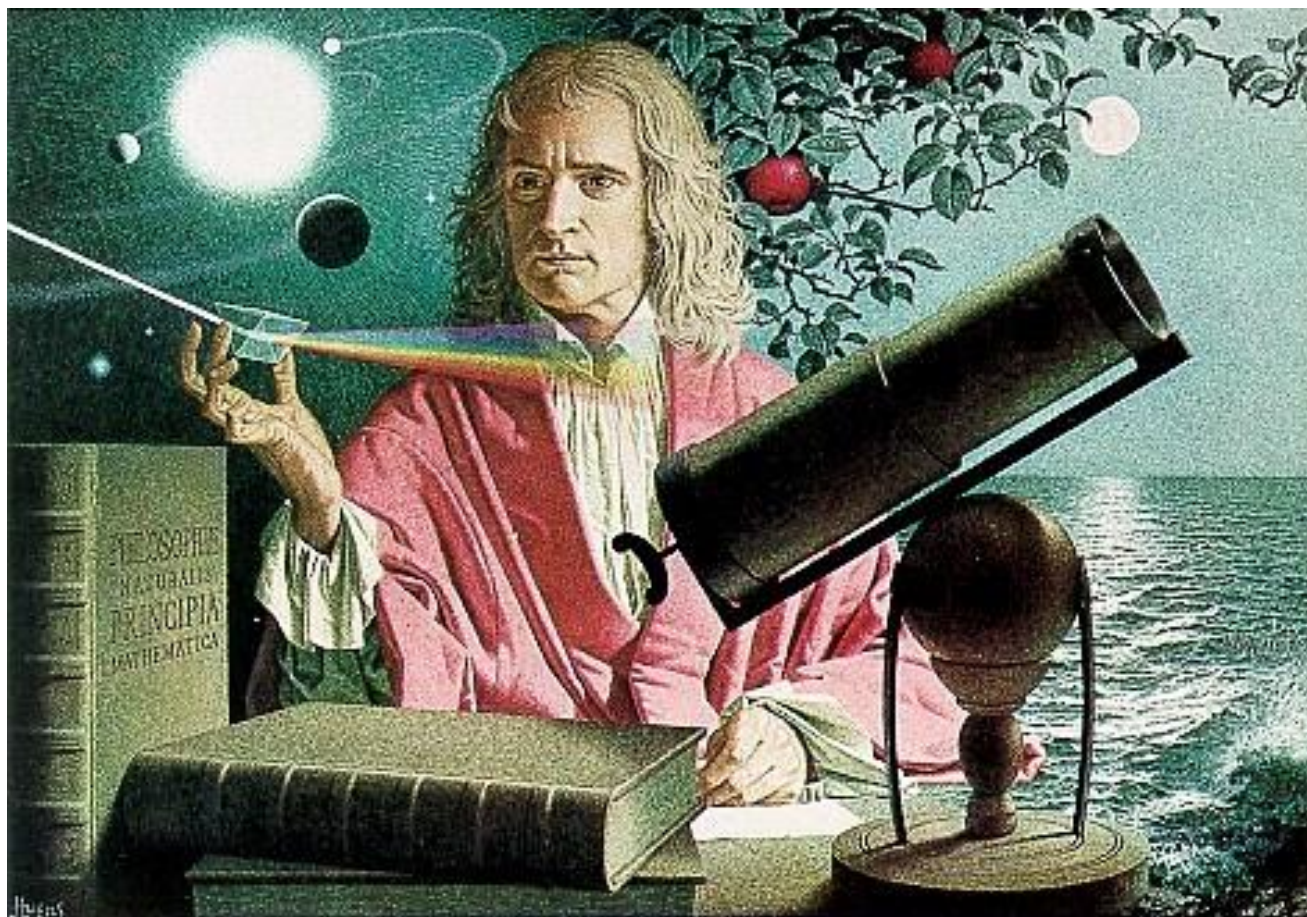
4.1–19 ábra

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 mozgás-mennyiség 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.

Leibnizet 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 nyolckiváló 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.

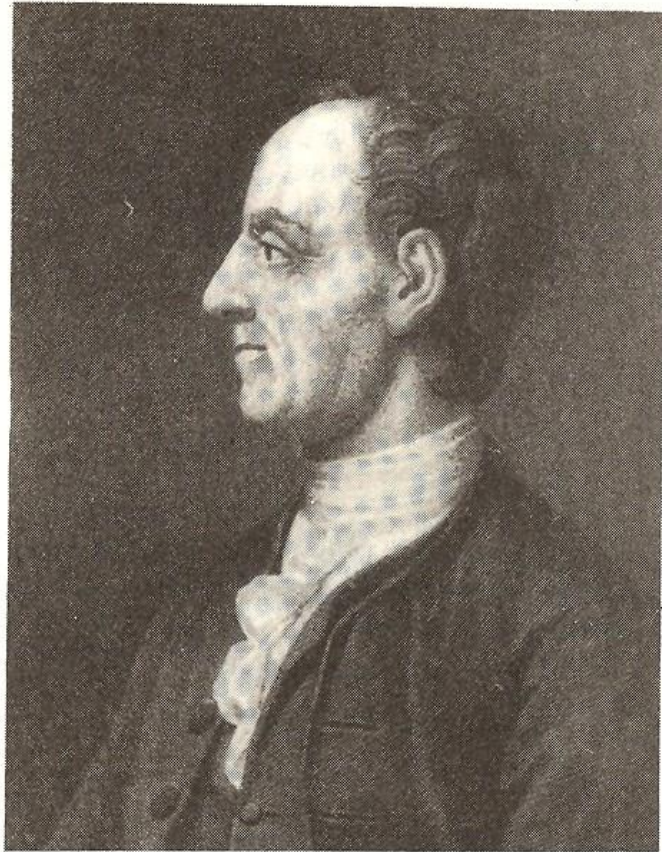
*Daniel Bernoulli* orvosnak tanult, de érdeklődése a matematika felé vonta. 1725-ben Pétervárra ment matematikát tanítani. 1733-ban tért vissza Bázélbe, ahol először az anatómia és botanika professzora lett, majd apja halála után fizikát tanított. Nevét az 1733-ban megfogalmazott, de csak 1738-ban, *Hydrodynamica*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

Bernoulli-egyenlet

- középiskolásan

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

$$\rho \frac{v^2}{2} + \rho gh + p = \text{állandó}$$



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 minimálevl 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

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{f} - \frac{1}{\rho} \nabla p$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) \vec{v}$$

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.

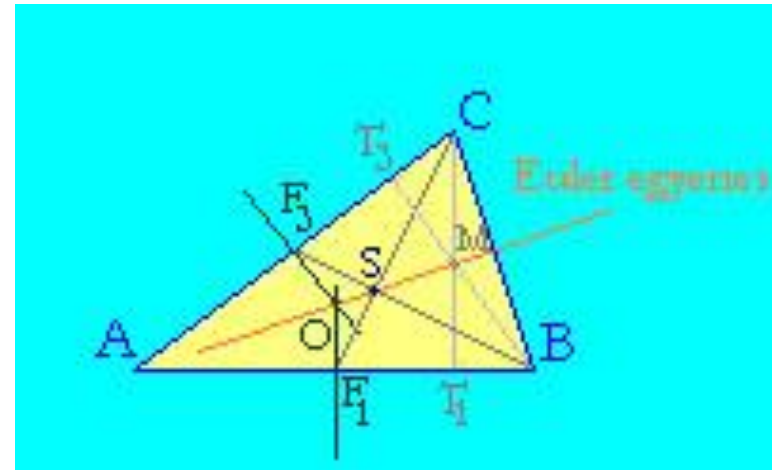
Levezette az  $e^{i\pi} = -1$  egyenlőséget.

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.***

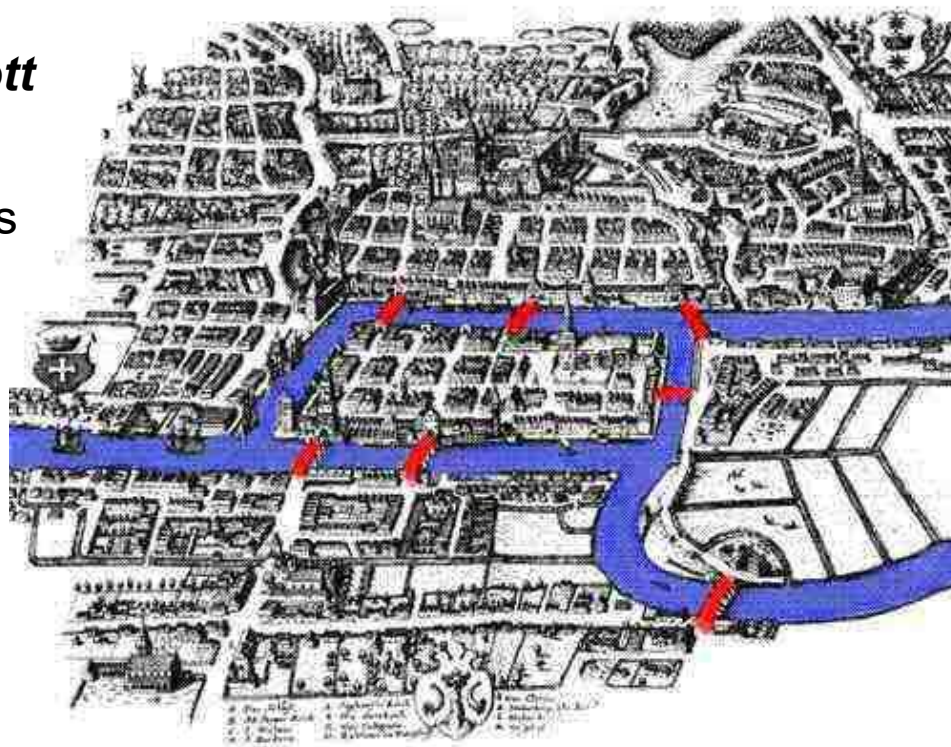
Megoldotta a karcsú rudak rugalmas kihajlásának problémáját.

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:

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

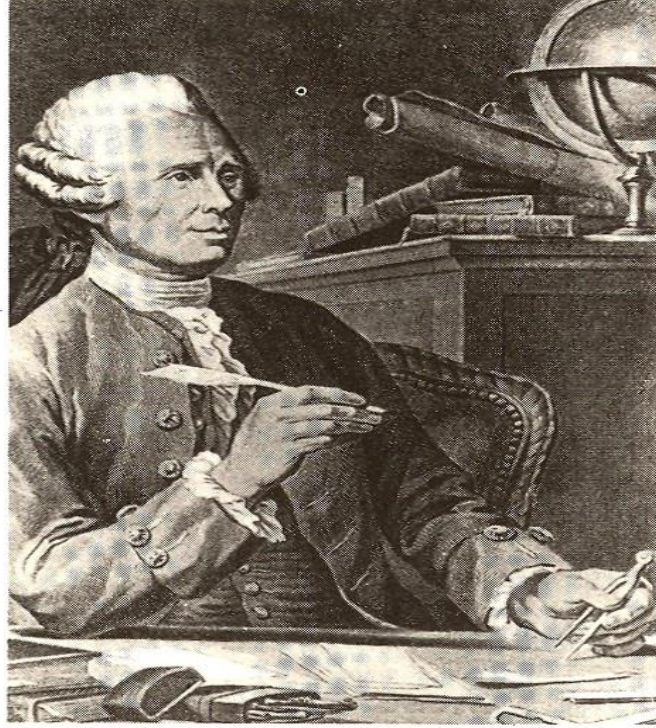
Az „elveszett erő” virtuális munkája zérus

→ a dinamika formai visszavezetése sztatikára.

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

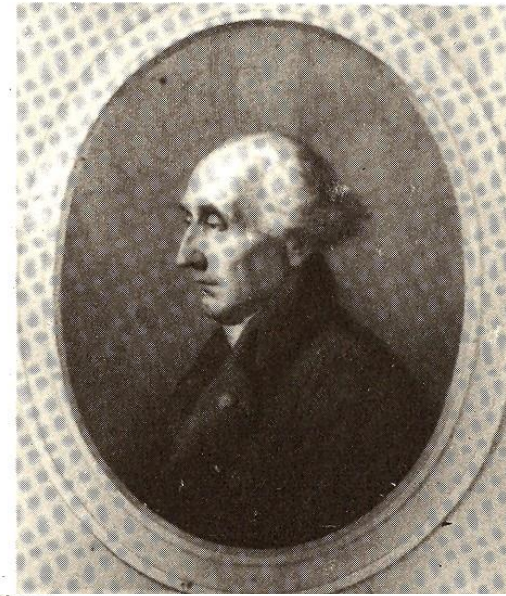
$$\int m \vec{v} d\vec{r} = \min$$

Lagrange: a variációs elvek alkalmazása kényszermozgásokra.



4.2–7 ábra

**JEAN LE ROND D'ALEMBERT (1717–1783)** anyja, a francia salonok 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* utódként (*Euler* Pétervárra ment) *Lagrange* húsz évig Berlinben dolgozott. 1787-től Párizsban él. 1795-től az *École Normale* és az *École Polytechnique* elő-

adója. Kiváló pedagógusként, személyén és könyvein keresztül hatva, tudós nemzedékek tisztelték szellemi atyjukként. Legnagyobb hatású munkája a *Mécanique analytique* (1788, Párizs) és a *Théorie des fonctions 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 SOCIÉTÉ 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 MATHÉMATIQUE, par M. *D'ALEMBERT*, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse, & de la Société Royale de Londres.

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

TOME SECOND.

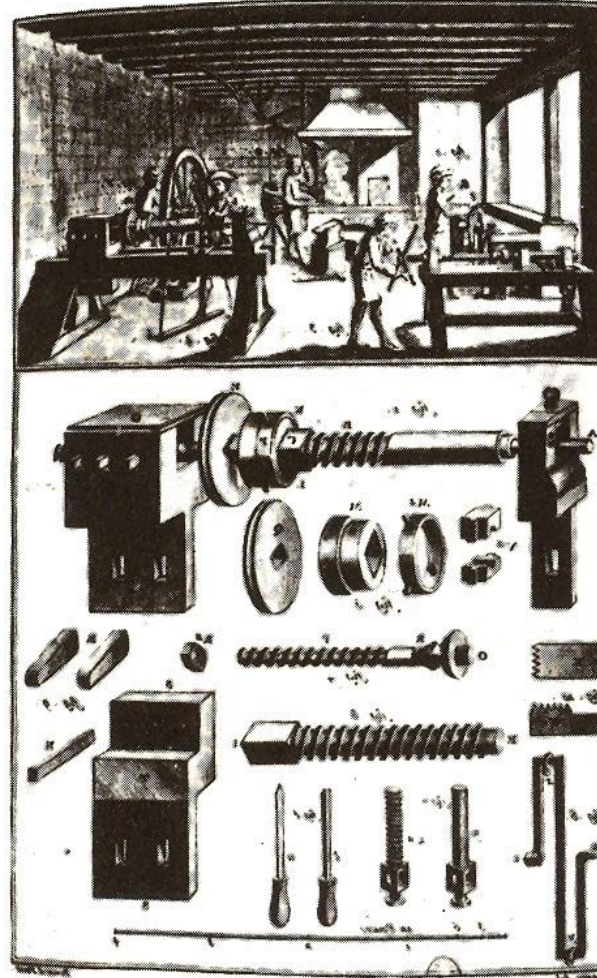


A PARIS,

Chez **BRIASSON**, rue Saint Jacques, à la Science.  
**DAVID l'aîné**, rue Saint Jacques, à la Plume d'or.  
**LE BRETON**, Ingénieur 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.

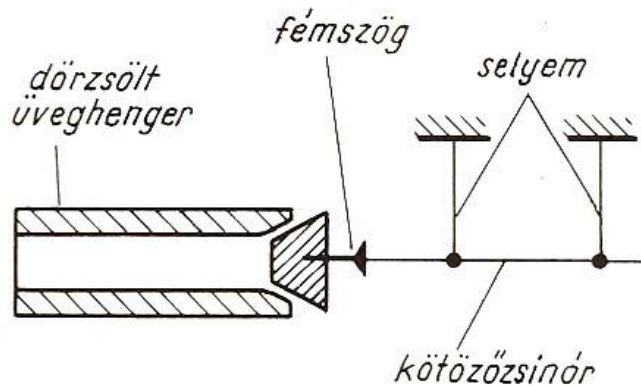


# Kvalitatív elektrosztatika

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

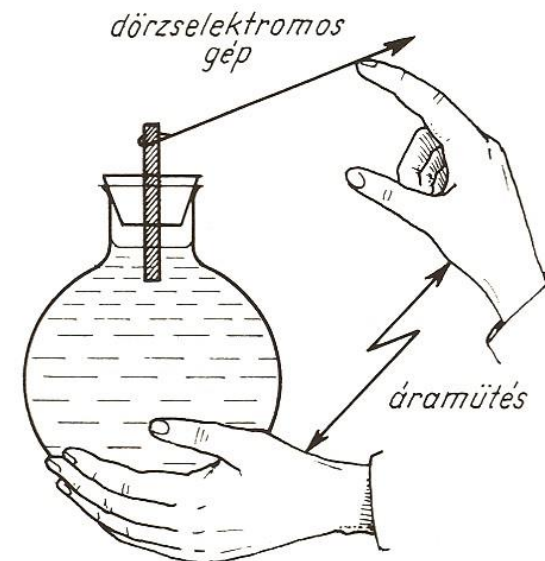
Első jelentős középkori tudós: Gilbert (1544-1603) – iránytű elmélet, új elektromos anyagok.

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



4.4–8 ábra  
Gray kísérletének vázlata

Musschenbroek:  
a leideni palack



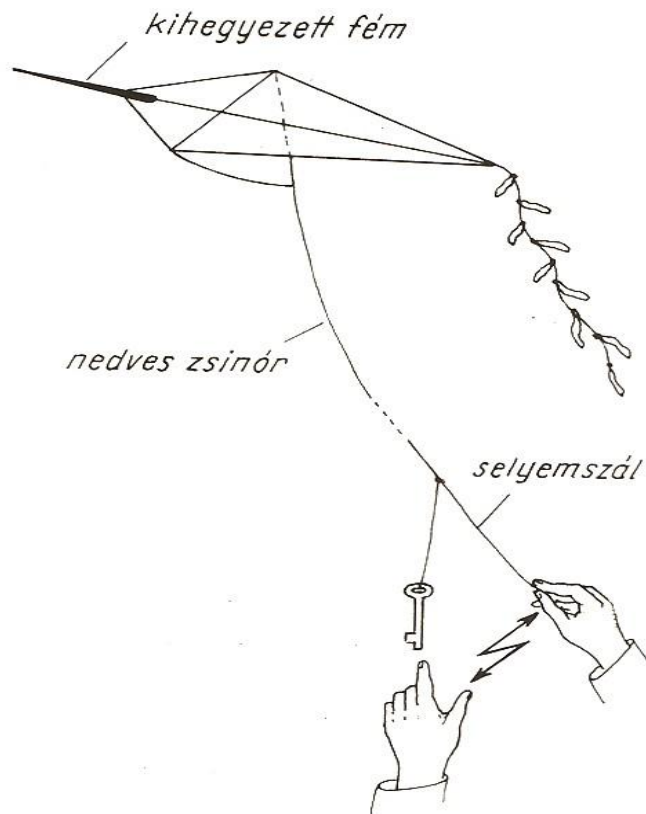
4.4–9 ábra  
Musschenbroek így fedezte fel a leideni palack „sűrítő” hatását



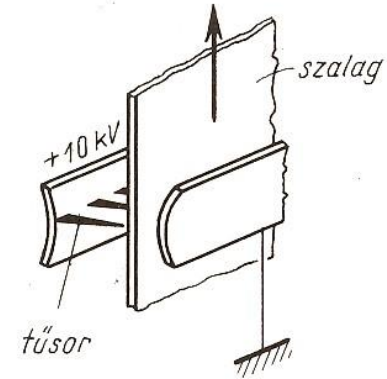
Leideni palackok a  
bécsi Műszaki  
Múzeumban

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

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

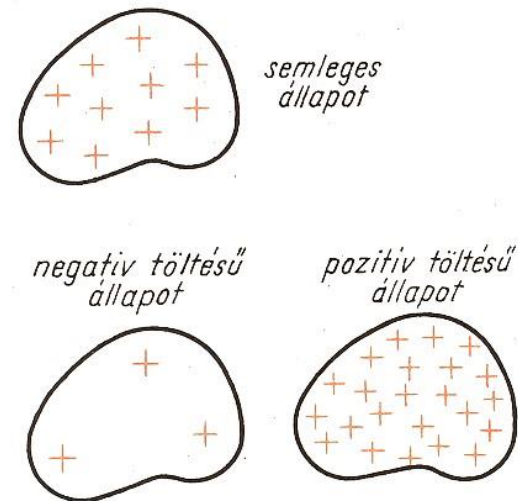


4.4–12 ábra  
Franklin kísérletének vázlata.



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



4.4–14 ábra

Franklin egyetlen töltésfajta tétélezett fel



## Kvantitatív elektrosztatika:

Coulomb és Cavendish: a torziós mérleg

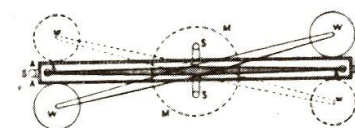
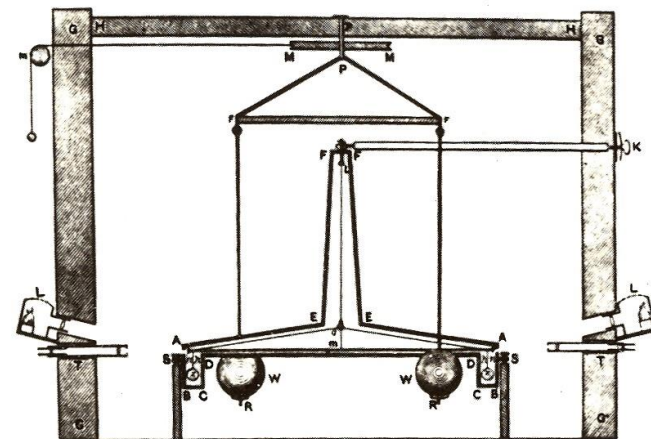
**A Coulomb-törvény** 
$$\vec{F} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \vec{e}_r$$

Alakja hasonlít a gravitációs törvényre

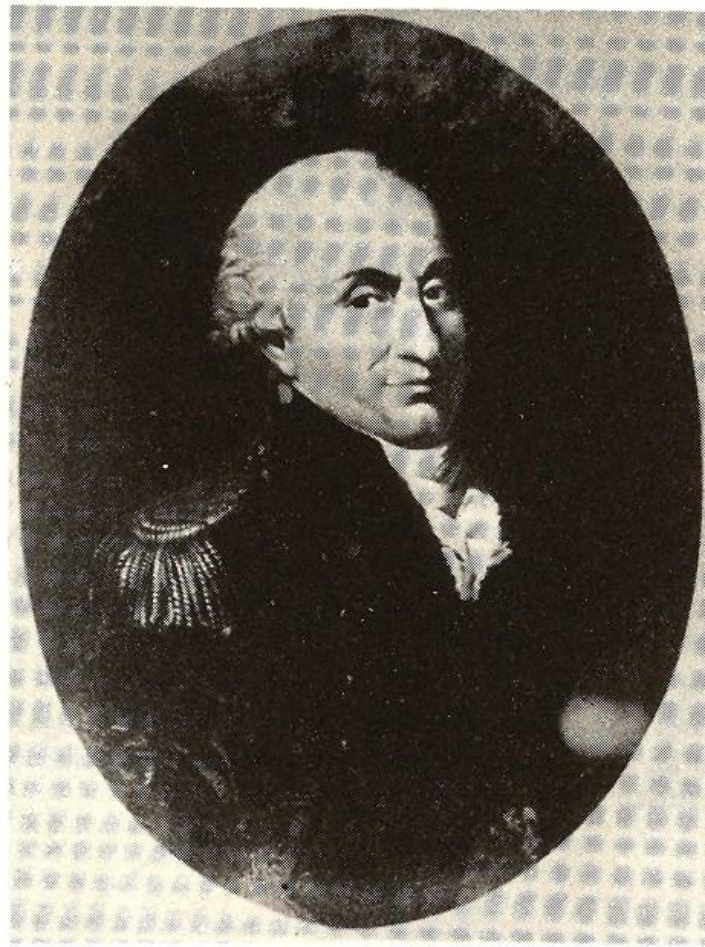
Korábban már mások is felfedezték, de a részletes vizsgálatokat Coulomb végezte el.

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

Érdekesség: „műszere” az áramütés erőssége.

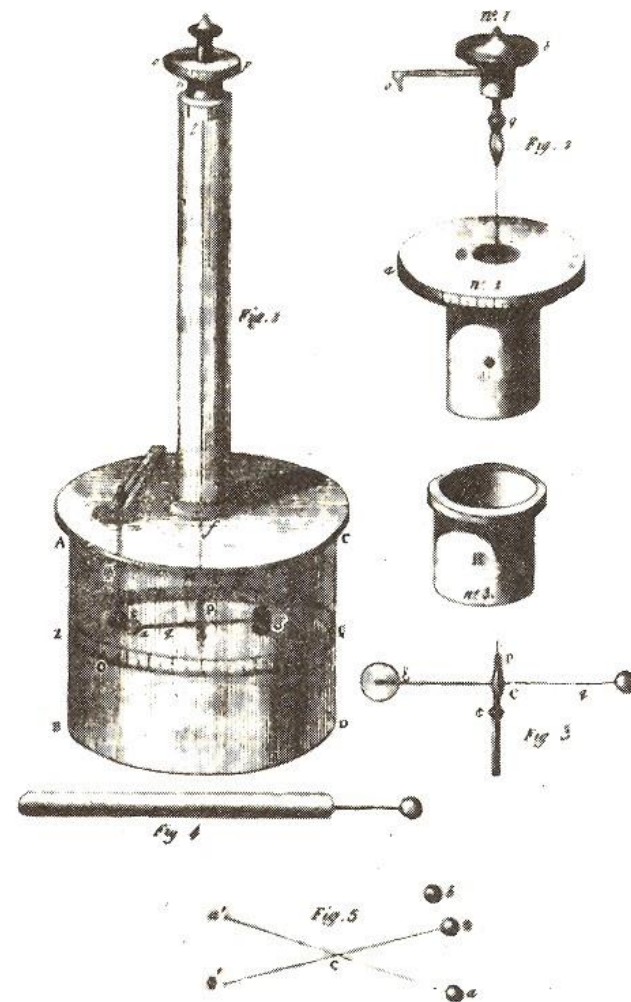


Cavendish torziós ingája



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



*H. Cavendish*

**Cavendish (1731-1810)**

## **Eredményei:**

### **•Kémia:**

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

### **•Elektromosság (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  $5,48 \text{ g/cm}^3$ -nek talált (1798). A ma elfogadott érték szerint a Föld közepes sűrűsége  $5,52 \text{ g/cm}^3$ .

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 analytique 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 terrestres ad mensuram absolutam revocata*, 1833; *Dioptrische Untersuchungen*, 1840.

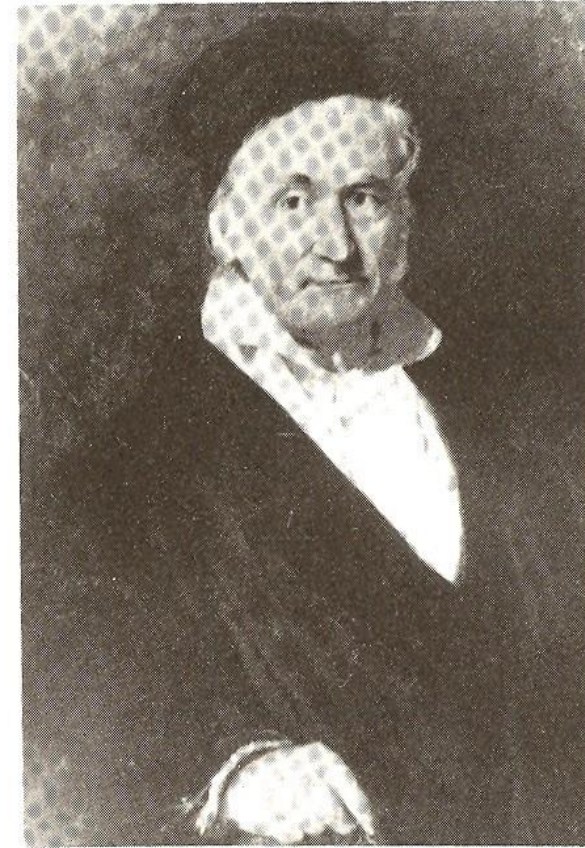
A fizika fejlődésére közvetlenül ható, vagy abban állandóan felhasznált matematikai eredményei: a legkisebb négyzetek módszere, a Gauss-eloszlás, a felületek belső geometriája, a hipergeometrikus sorok, a Gauss-számsík, a faktoriális függvény.

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  $1+60=2+59=3+58 \dots =61$  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

sírfára is ezt vésette.



Az elektrosztatika Gauss-törvénye

$$\oint_A \vec{D} d\vec{A} = Q_V$$

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 tévhitől, hogy Euklidesz axiómáinak alkalmazása az egyetlen út a geometria következetessé és ellentmondásoktól mentessé tételére. Ezekben 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		