

A fizika története

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

Dr. Paripás Béla

5. Előadás (2023.10.12.)

1. zárthelyi dolgozat

2023. október 19.

14.00-kor az előadás helyszínén, minden 3. sor kimarad, a többiben 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**

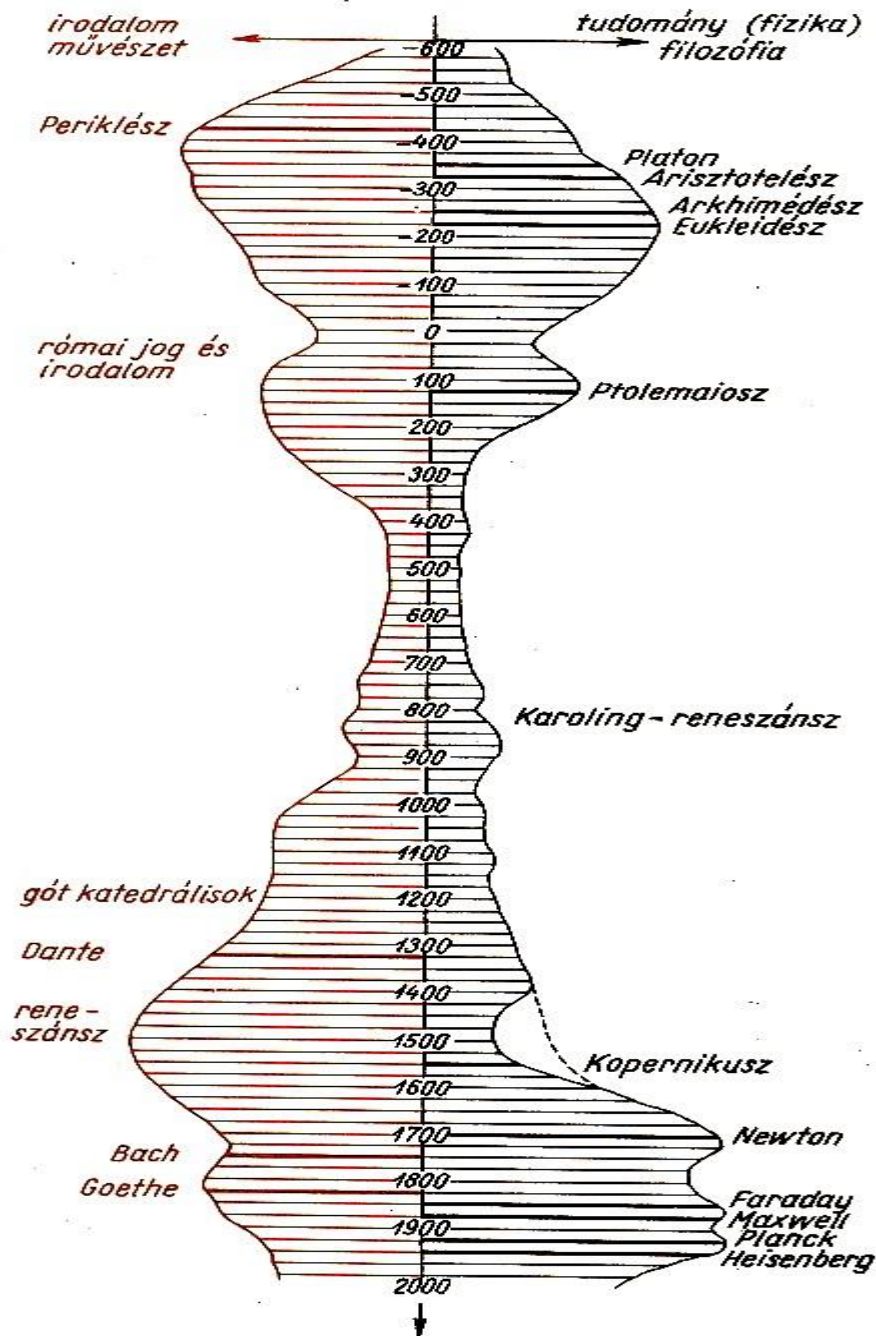
Időpontja: 2023. október 13-án (pénteken)
15.00 – 20.00 óra

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

BÁRMILYEN SEGÉDESZKÖZ HASZNÁLHATÓ (TELEFON AZÉRT NEM)!

Megjelenés 14 óra 50 percre a Tanszék előtt.

Személyazonosságát igazoló okmányt mindenki hozzon magával!



Az
intellektuális
tevékenység
intenzitásának
idődiagramja

<==Már itt járunk

Az elektromos töltések áramlása – a galvánelem

Galvani és **Volta**
(1737-1798) (1745-1827)
Bologna ↔ Pavia

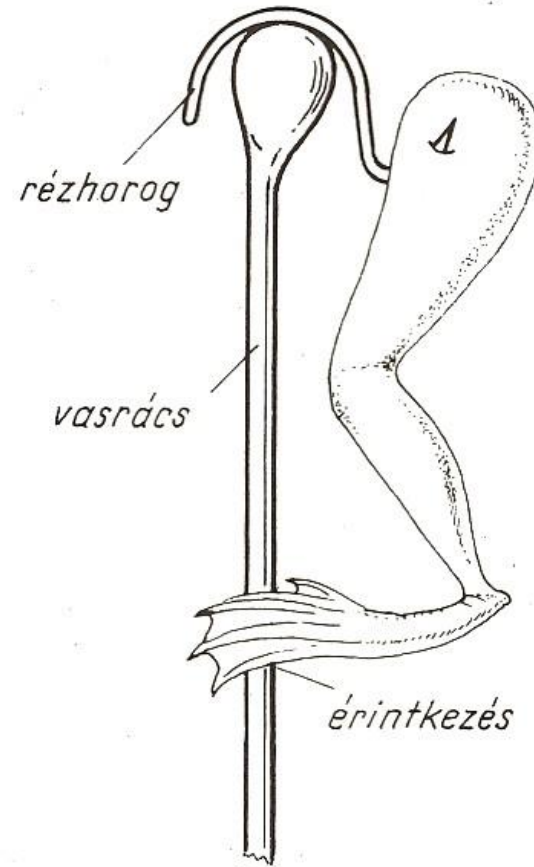
Davy (1778-1829) a galvánelemek
kémiájának tisztázása



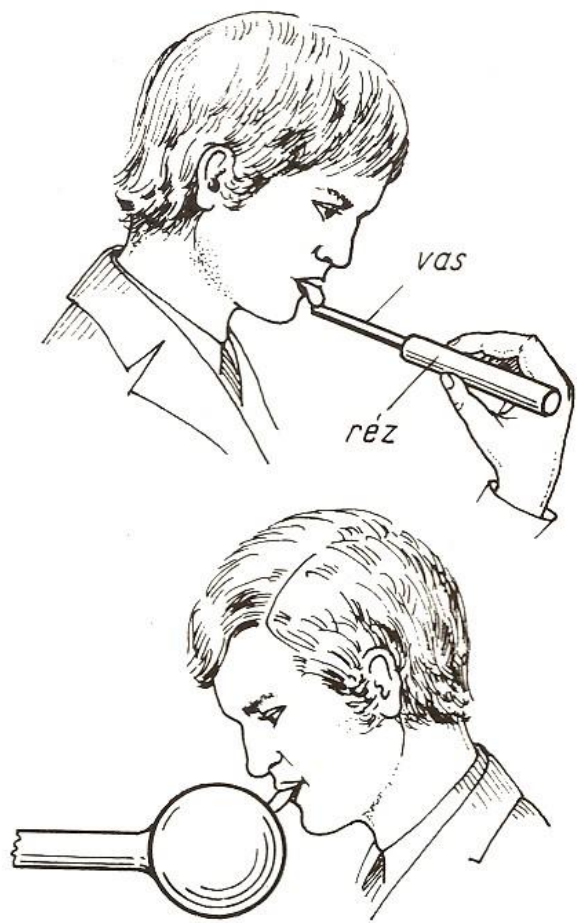
Luigi Galvani
(1737-1798)



Alessandro Volta
(1745-1827)



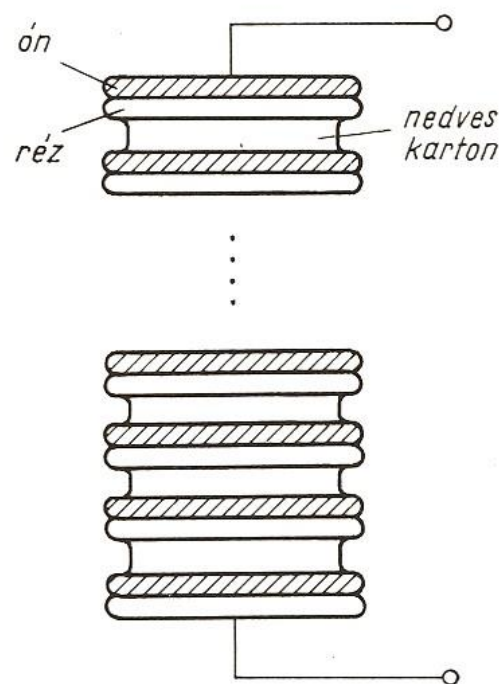
4.4–22 ábra
Galvani legfontosabb észlelése: nem kell szikra
vagy villám, vagy az atmoszféra elektromos ha-
tása: a békacomb rángatózása a fenti elrende-
zésnél is megfigyelhető



4.4–25 ábra

Volta irányt váltó kísérlete: két különböző, egyik végén érintkező fém egyikének nyelvünk-höz való érintése ugyanolyan ízt vált ki, mintha a dörzselektromos gép egyik elektródáját érintenénk nyelvünkkel

A Volta-oszlop



4.4–26 ábra a

Réz- és ónfólia és enyhén nedves papírból egy szigetelőtokba akár 1000 cellát is elhelyezhetünk, és így nagyfeszültségű kis áramú telepet nyerhetünk. Ilyen elrendezést ma is használnak hordozható részecskeszámlálók működtetésére





Kísérlet a Volta-féle
feszültséggel a bécsi
Műszaki Múzeumban

A galvánelemek kémiájának
megértője:
Humphry Davy (1778-1829)



- Az elektrokémia megalkotása
- Alkáli fémek és fölfémek felfedezése (elektrolízissal)
- Davy-lámpa
- izzólámpa

Melyik nem Gauss eredménye?

- a) a legkisebb négyzetek módszere
- b) az elektrosztatika törvényei
- c) a nem-euklideszi geometria felfedezése
- d) mértékrendszer kidolgozása

A rézhoroggal vasrácsra függesztett békacombok rángása

- a) az áram mágneses hatásának első kísérleti bizonyítéka
- b) az állati elektromosság első igazolása
- c) az így létrejövő galvánelemek áramának igazolása
- d) a töltések közötti erőhatás igazolása

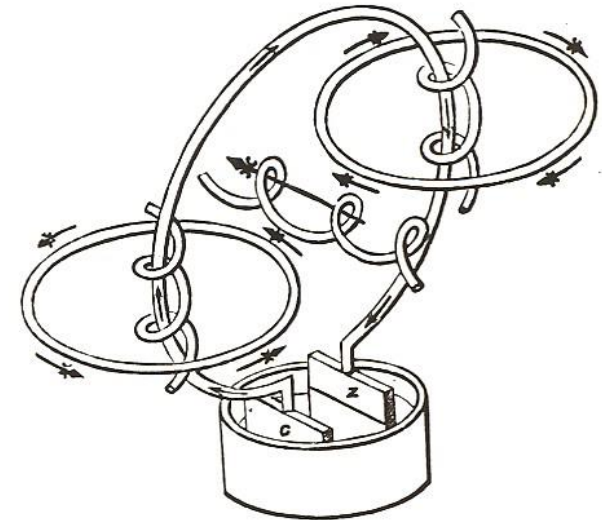
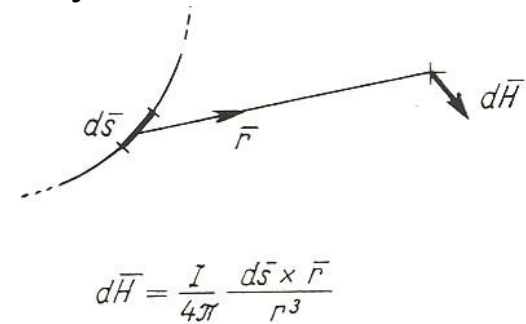
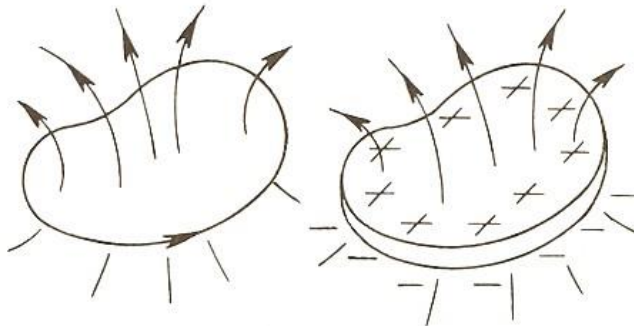
Az áram mágneses tere: az első kísérleti eredményeket **1820**-ban érték el

Oersted, Koppenhága: első (de nagy hatású) kvalitatív eredmény

Biot és Savart: az áram mágneses terének kísérleti képlete

Ampere: áramok egymásra hatása

Egy áramhurok és egy lapos mágnes kívül egyforma mágneses teret hoz létre



4.4–29 ábra

A Biot–Savart-törvény, ahogy ma használjuk

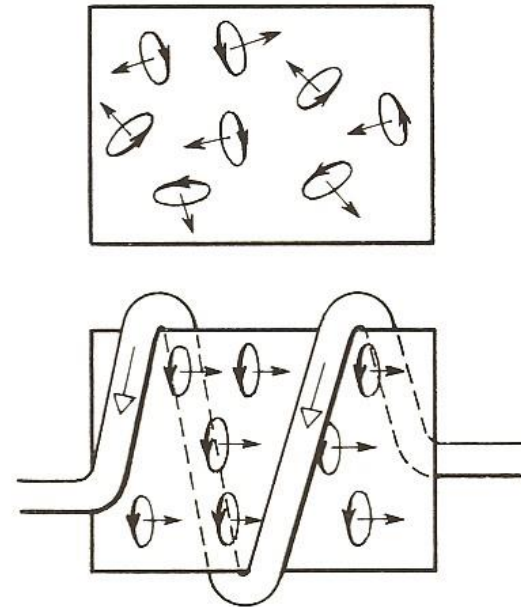
4.4–30 ábra

Maxwell ilyen ábrákkal magyarázza az áram és a mágneses tér kapcsolatát



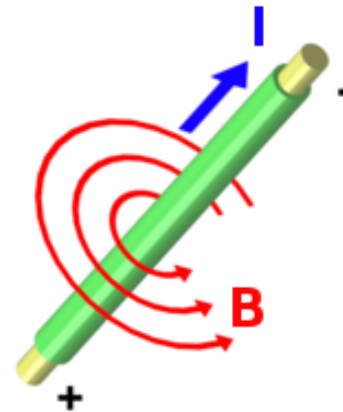
4.4–32 ábra

ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775–1836) Bourgnan és Lyonban tanított fizikát, majd az École Polytechnique tanára lett. 1820-ban felállította az áramok elektrodinamikus kölcsönhatását leíró törvényt. Az anyagok befolyását a mágneses térre még ma is az Ampère-féle köráramokkal lehet legjobban szemléltetni.

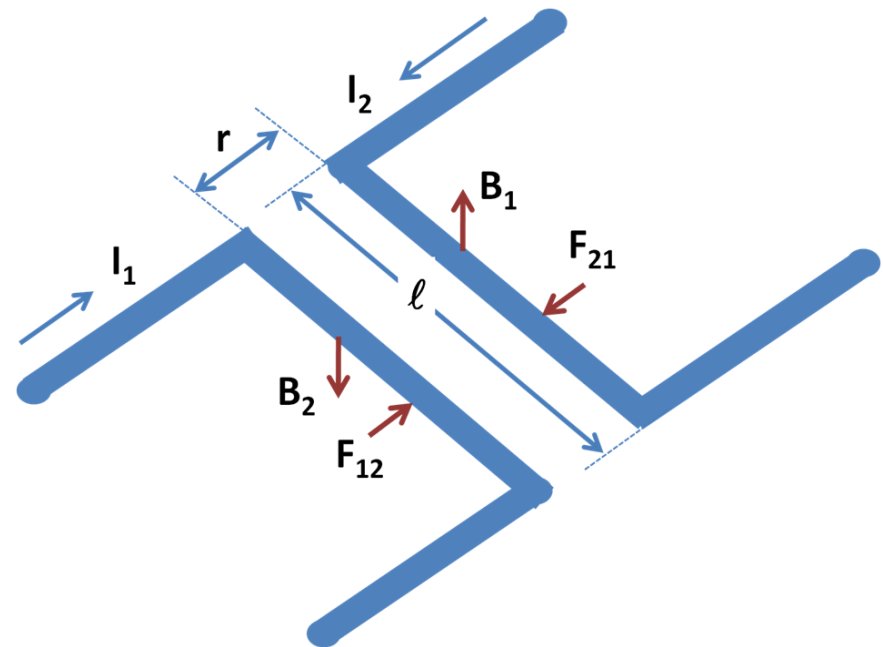
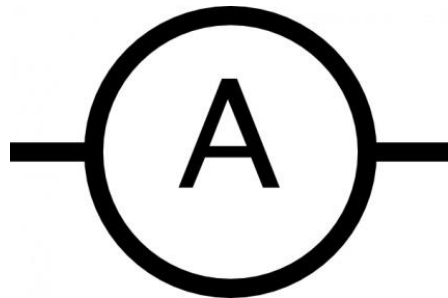


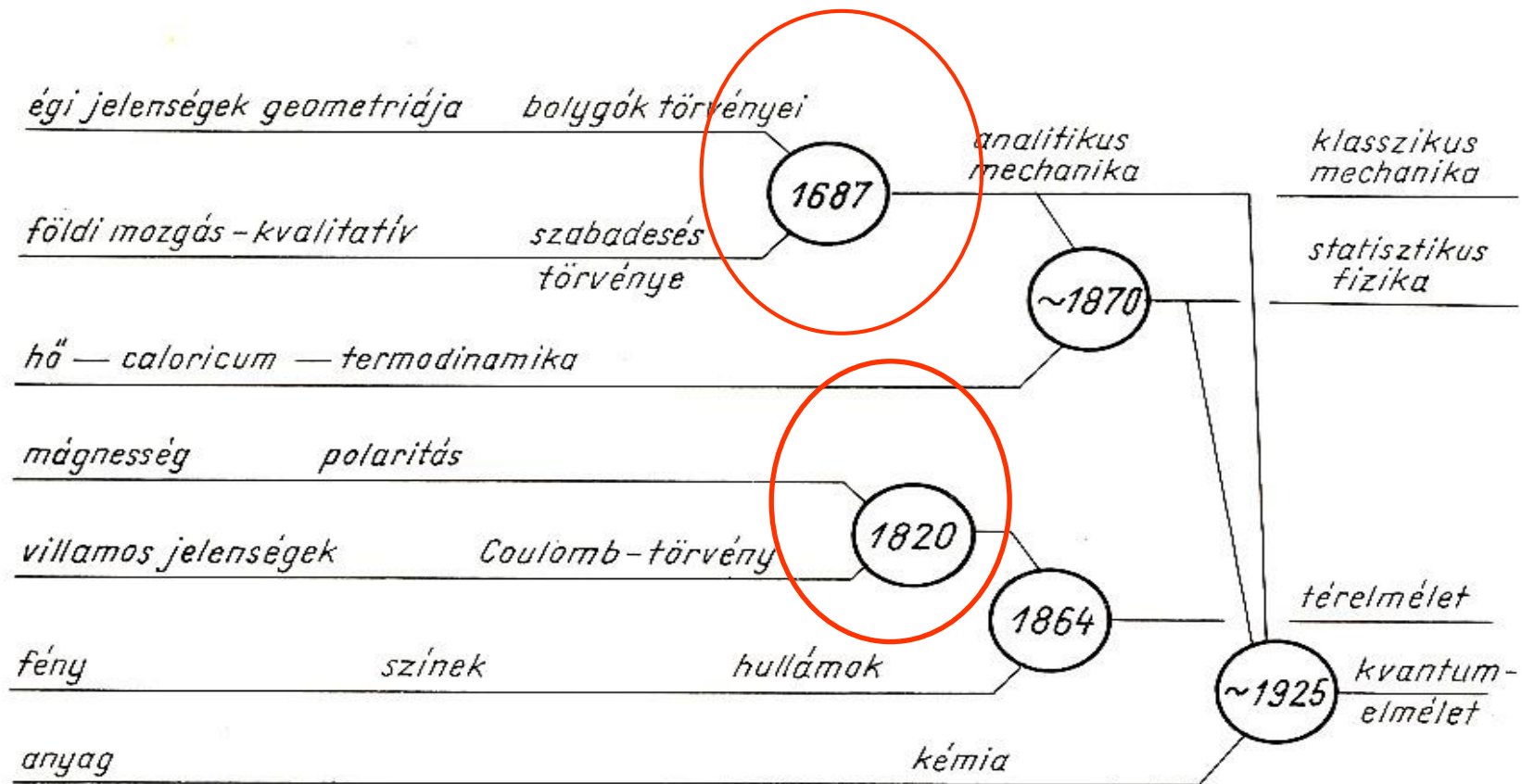
Áram mágneses tere (1820):
Oersted, Biot és Savart,
és Ampere

$$\oint_g \vec{H} d\vec{s} = I_A$$



Az **amper** olyan állandó elektromos áram erőssége, amely két párhuzamos, egyenes végtelen hosszúságú, vákuumban egymástól 1 méter távolságban levő vezetőben áramolva, e két vezető között méterenként $2 \cdot 10^{-7}$ newton erőt hoz létre.





0.2—8 ábra

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

Melyik évszázadban volt az elektromos és mágneses jelenségek egyesítése?

- a) a XVII. században
- b) a XVIII. században
- c) a XIX. században
- d) a XX. században

Kinek a munkássága jelentette az elektromos és mágneses jelenségek egyesítését?

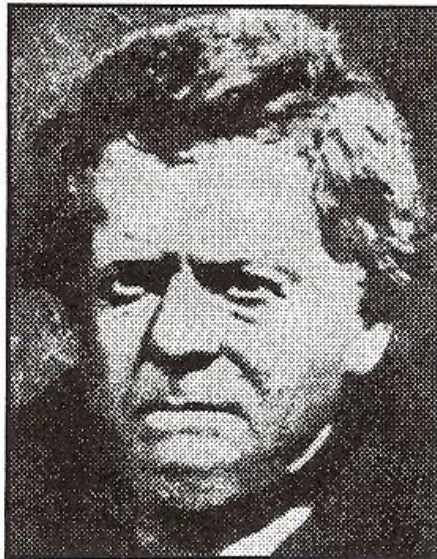
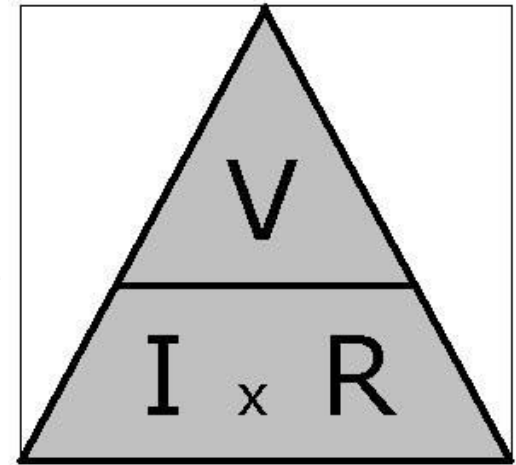
- a) Huygens
- b) Ampere
- c) Gauss
- d) Faraday

Aki kimaradt a Simonyi 1. kiadásából: **Ohm**

Ohm törvénye vezetős szakaszra és teljes áramkörre

$$U = IR \quad \text{és} \quad \mathcal{E} = I(R_k + R_b)$$

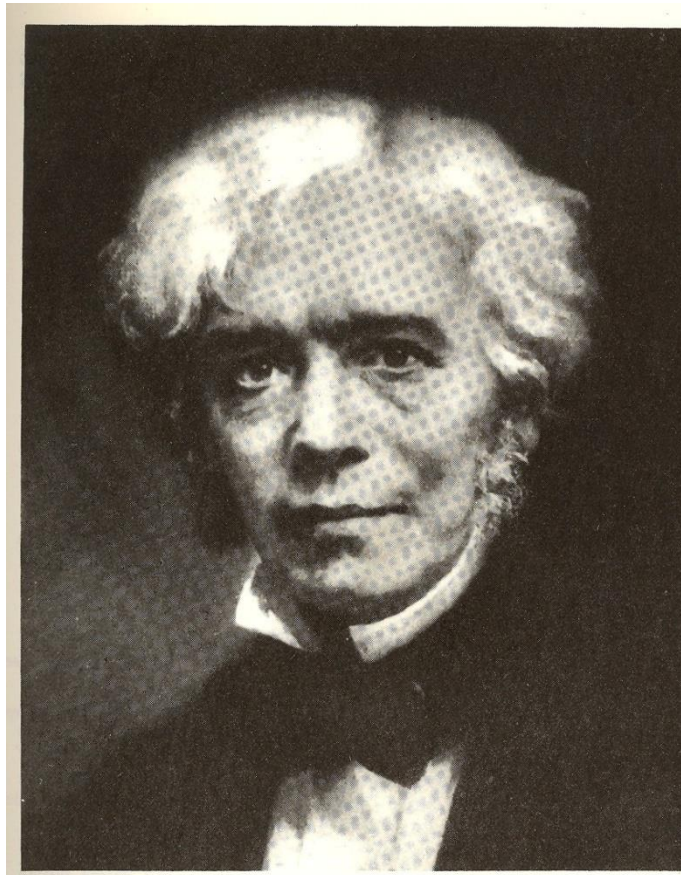
$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$



GEORG SIMON OHM (1787-1854), német fizikus, a müncheni egyetem professzora

OHM a róla elnevezett törvényhez az elektromos vezetés és a hővezetés közötti analógia tanulmányozása, illetve felismerése révén jutott. Eszerint az elektromos térnek a hőmérsékleti gradiens, az elektromos áramnak a hőáram felel meg [l. (6-31), (6-32)]. Pontos mérésekkel nemcsak a róla elnevezett Ohm-törvényt igazolta, hanem megállapította az ellenállásnak a vezető anyagától és geometriai méreteitől való függését is.

Következnek az elektrodinamika legnagyobbjai: **Faraday és Maxwell**; a XIX. sz. legnagyobb kísérleti és elméleti fizikusai.



4.4 – 39 ábra

MICHAEL FARADAY (1791 – 1867) könyvkötő inas, majd Davy laboránsa, titkára. 1824-ben a Royal Society tagja, 1825-től a Royal Institution igazgatója.

Első munkái (1816-tól) a kémia területére esnek (1823: Klór cseppfolyós állapotban).

Technológiai problémákkal is foglalkozott: rozsdamentes acél, különleges optikai tulajdonságú üvegek előállítása. 1820 után kezd intenzíven a villamos jelenségekkel foglalkozni. 1821-ben megkonstruálja az első elektromotort. 1831. aug. 29.: az indukciótörvény; 1833: az elektrolízis törvényei; 1845: a Faraday-effektus. Vizsgálatai az 1832–1856 között folyamatos paragrafuszámmal (1–3340§) ellátott *Experimental Researches in Electricity* című munkájában láttak napvilágot.

Faraday-t minden idők legnagyobb kísérleti fizikusának tartják, legfeljebb honfitársa, *Rutherford* hasonlítható hozzá

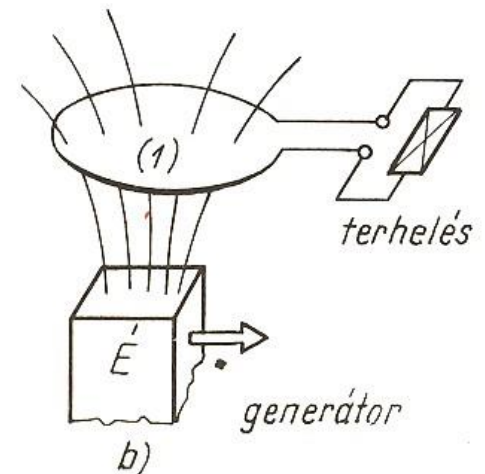
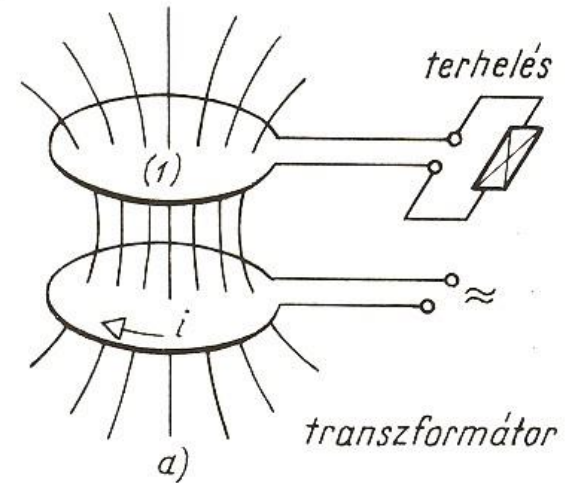
Faraday munkássága:

1. Indukció törvény: a romantikus természetfilozófia szerint két egymás mellé helyezett áramkörnek befolyásolnia kell egymást.

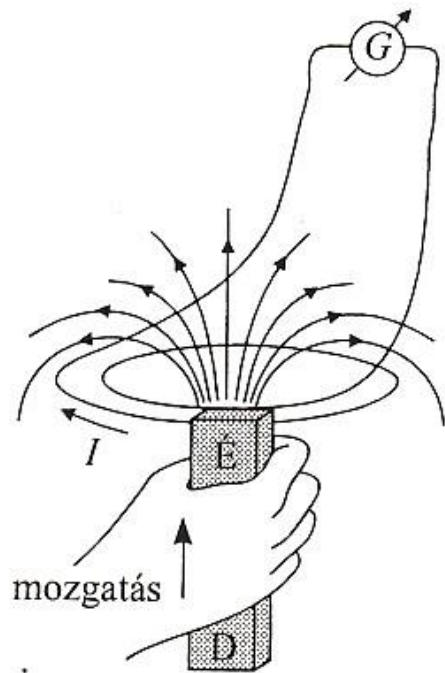
Faraday első eredményei negatívak voltak.

Később rájött, hogy az egyik áramkörben bekövetkező változás van hatással a másik áramkörre.

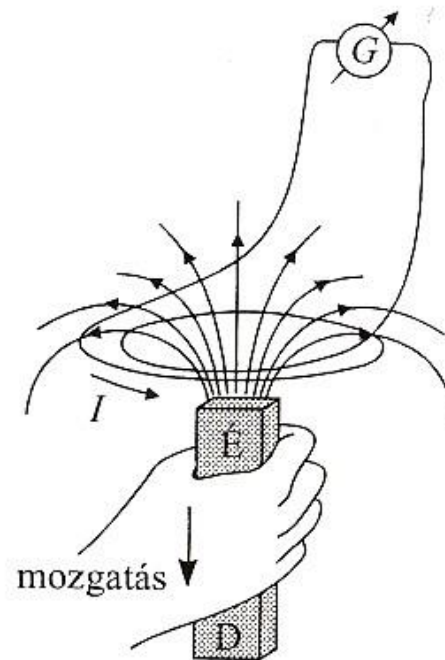
Általában: az egyik körben indukált feszültség arányos az azt átdöfő, de a másik kör által létrehozott mágneses erővonalak számának változásával.



Nyugalmi és mozgási indukció.



a.



b.

Faraday törvénye: az indukált körfeszültség arányos a hurkot átdőő mágneses indukcióvonalak számának időegység alatti megváltozásával

Ahogy Maxwell felírta:

$$\oint_g \vec{E} d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int_A \vec{B} d\vec{A}$$

2. Az elektrolízis törvényei:

2/1 Az elektrolízis során kiválasztott anyagmennyiség az áthaladt töltéssel arányos.

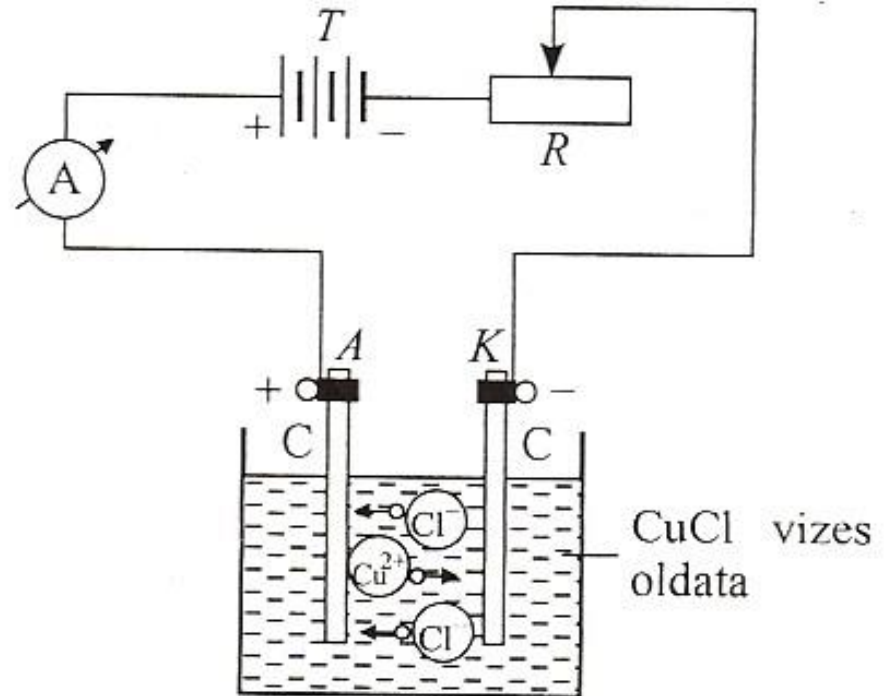
$$m = K \cdot Q$$

2/2 Adott töltés mellett a különböző kiválasztott anyagok mennyisége arányos a kémiai egyenértéksúllyal.

$$m = 1/F \cdot M/z$$

Ahol a Faraday-állandó:

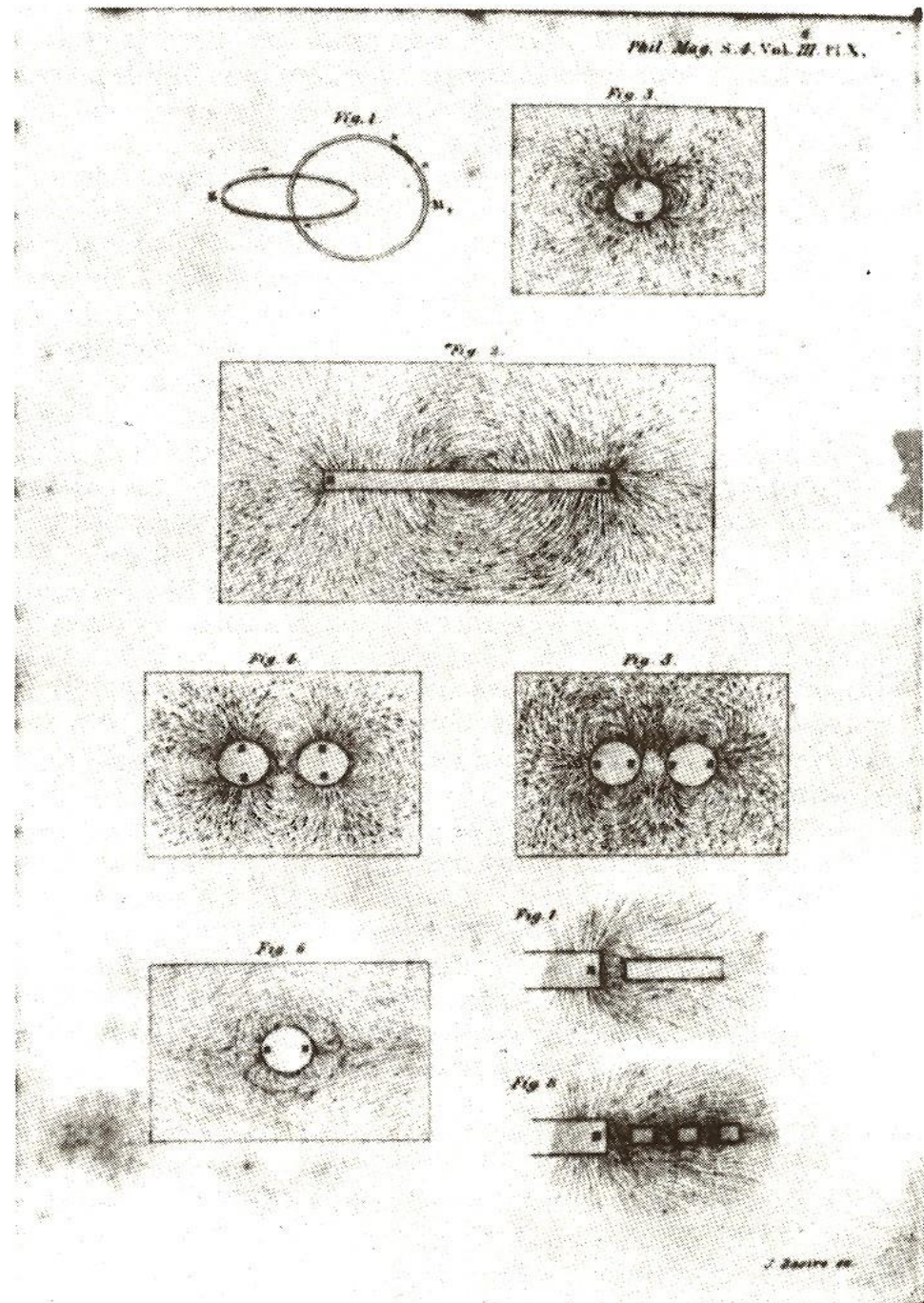
$$F = N_A \cdot e = 96485 \text{ C/mol}$$



3. Az elektromos és mágneses erővonalak bevezetése:

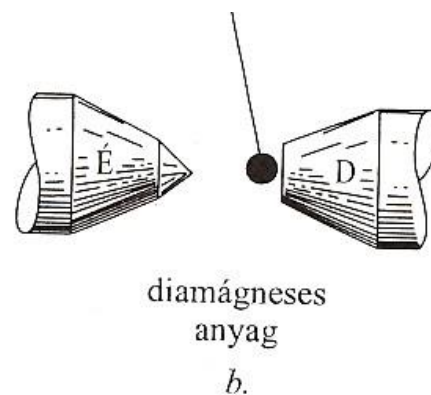
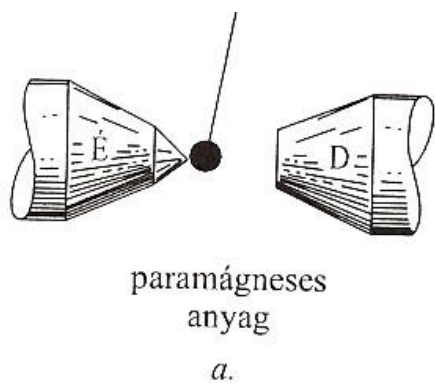
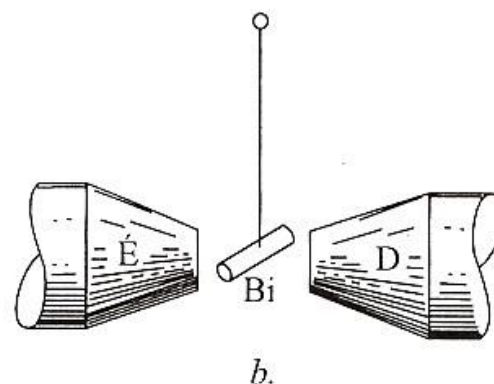
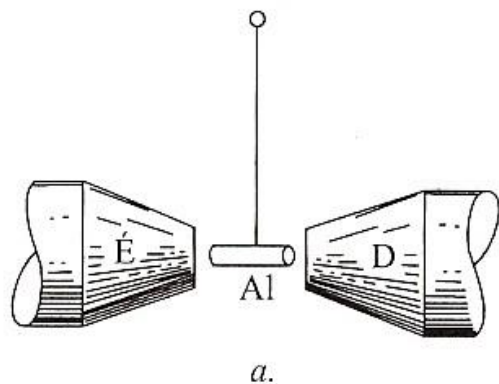
az elektromágneses mező koncepciója, ami a newtoni távolba hatás helyébe lép. Közel van a mai elektromágneses mező képünkhöz.

Az erővonalak transzverzális rezgéseket végeznek (az elektromágneses hullámok előfutára).



4. Anyagok elektromos és mágneses tulajdonságai: dielektrikumok vizsgálata, dielektromos állandó;

dia- és paramágnesség



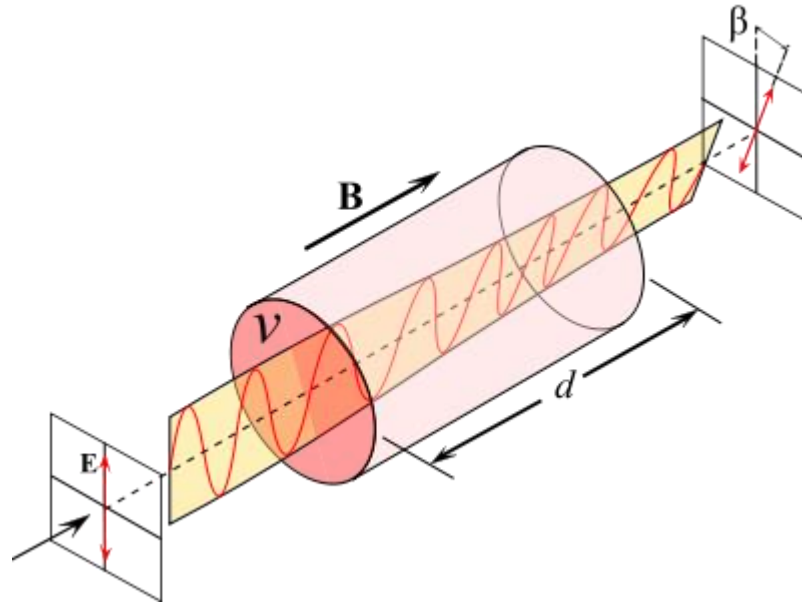


A **Faraday-kalitka** az elektromágneses hatás kiküszöbölésére szolgáló, fémhálóval körülvett térrész, amelybe a fémháló védőhatása folytán a külső elektromos erőtér nem hatol be („árnyékolás”). Ezzel magyarázható például az is, hogy a vasbeton szerkezetből készült épületekben legtöbbször a mobiltelefonok működéséhez nincs elég térerő.

A Faraday-kalitka belsejében nincs se elektromos, se mágneses tér, így a belsejében lévő emberek ezek hatásától védve vannak.

Faraday-effektus

A mágneses tér elforgatja a fény polarizációsíkját az anyagon való áthaladás közben, ha a haladás a térrel párhuzamos irányban történik. A szögelfordulás nagysága arányos az alkalmazott mágneses indukció erősségével és a közeg hosszával. Ez a jelenség a Faraday-effektus.



1791
10
20
30
40
50
60
70
76
1867

FARADAY

1790
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880

MAXWELL

1813 Davy
1813-14 utazás Davyvel
elektrokémia

1824 F.R.S. első villamos kísérletek
1825 Dir. of Royal Institute

indukció törvény 1831
elektrolízis 1832-33
dielektrikum 1837-39

1840-44 idegkimerülés

Faraday-forgatás
diamágnesség

Ray-Vibration

paramágnesség

utolsó tudományos
cikke

1831
10
20
30
40
48
1879

1845-1846 ovális görbéről

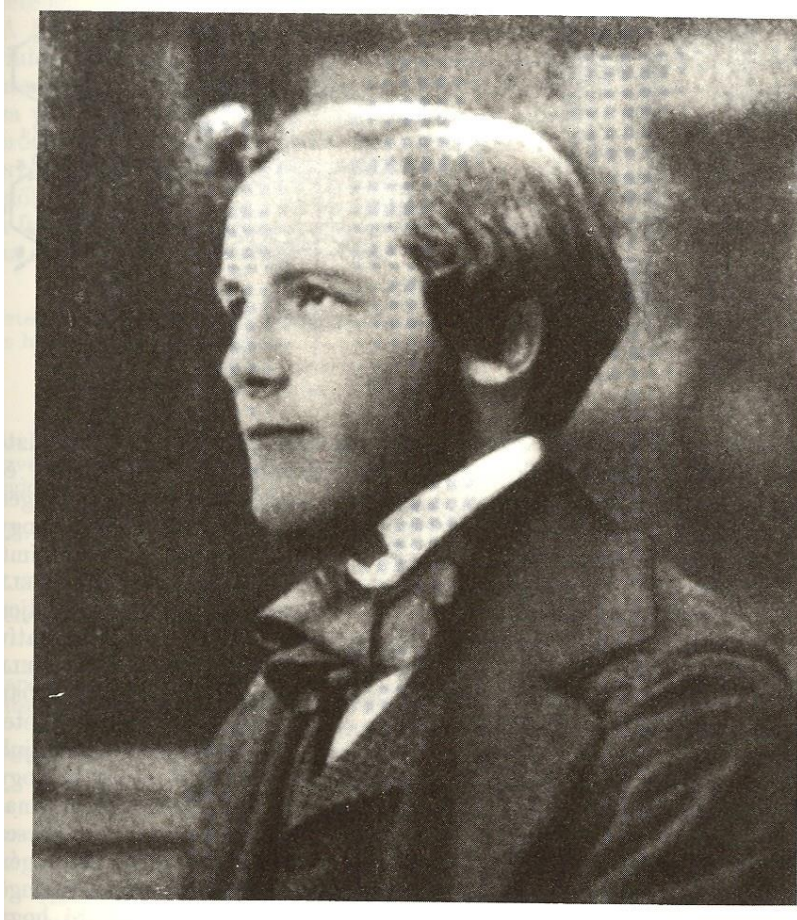
1850 elasztikus testek egyensúlya

1855 Faraday erővonalairól 1856 Prof. Aberdeen

1860 fizikai erővonalak 1861-62
kinetikus gázelmélet
elektromágneses tér dinamikus elmélet 1864
60-65 Kings College London
Glenlair

1870 olasz utazás
Treatise 1873
Cavendish Labor.

1879 Cavendish munkái 1879



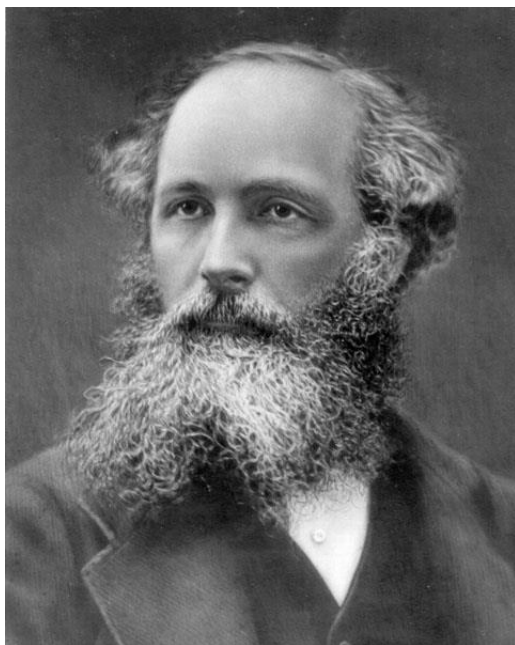
4.4 – 49 ábra

JAMES CLERK MAXWELL (1831 – 1879) a XIX. század legnagyobb elméleti fizikusa, a klasszikus fizika befejezője. Matematikát és fizikát tanult Edinburghben, majd Cambridge-ben. 1856-ban professzor Aberdeenben. 1860 és 65 között a King's College-ban (London) tanított. 1865-ben visszavonult skóciai birtokára és kizárólag tudományos munkájának élt. 1871 ben meghívták a cambridge-i egyetemen szervezett, az angol tudományos életben később olyan nagy szerepet játszó Cavendish-laboratórium élére.

Maxwell fiatal korában a színérzékelés problémájával foglalkozott. Iránymutató vizsgálataiban azonban az elektrodinamika és a kinetikus gázelmélet területére esnek.

A Maxwell-egyenletek az 1862-ben megjelent *On Physical Lines of Force* című cikkében szerepelnek először. 1873-ban jelent meg két kötetben az *A treatise on electricity and magnetism* című könyve.

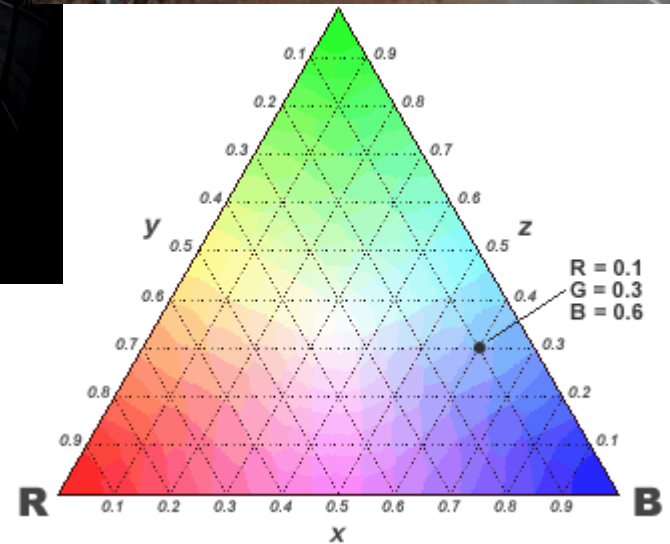
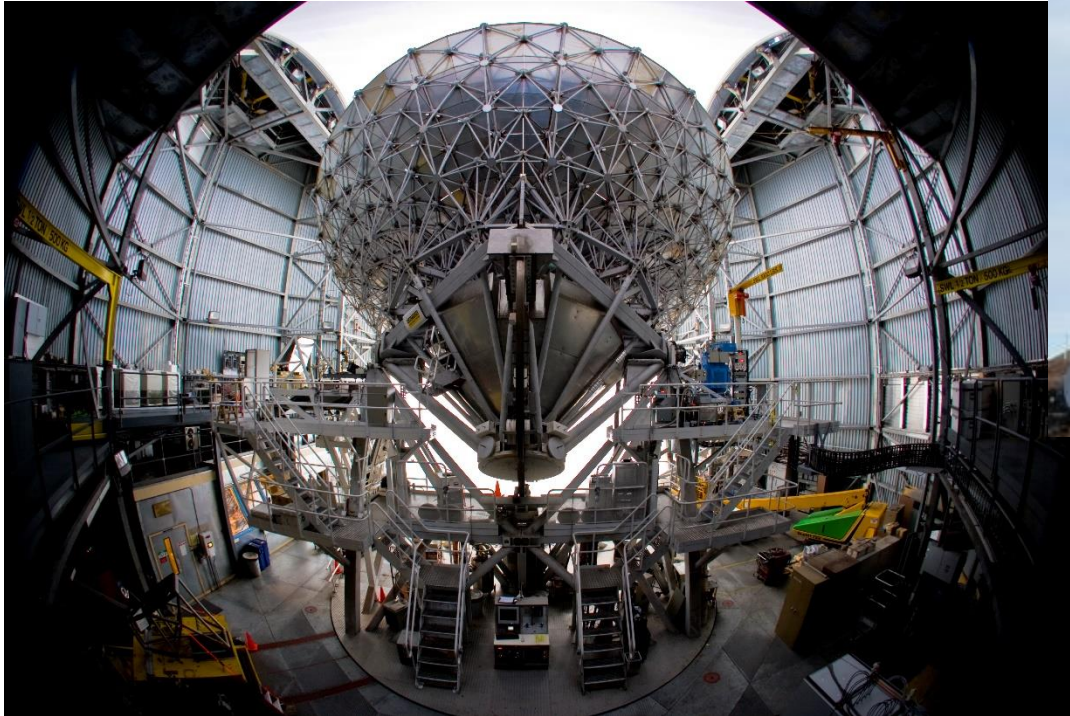
A kinetikus gázelméletre vonatkozó eredményei a *The theory of heat* (1871) című kötetben találhatóak összegyűjtve. Maxwell hangsúlyozta először annak lehetőségét és fontosságát, hogy az alapegységeket az atomi állapotokra vezessék vissza



„Idősebb” kori képe és szobra Edinburgh-ban



The James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)



A 3 alapszín gondolata, a Maxwell-tárcsa

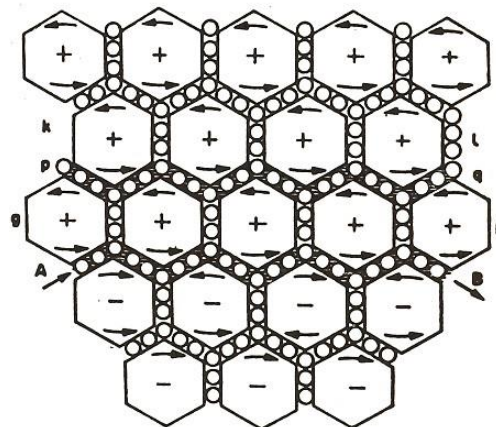
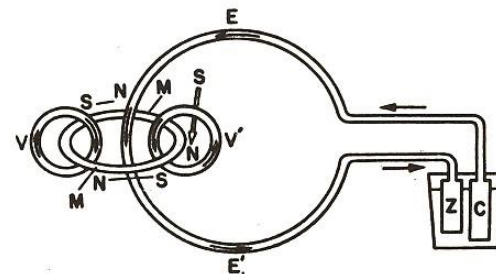
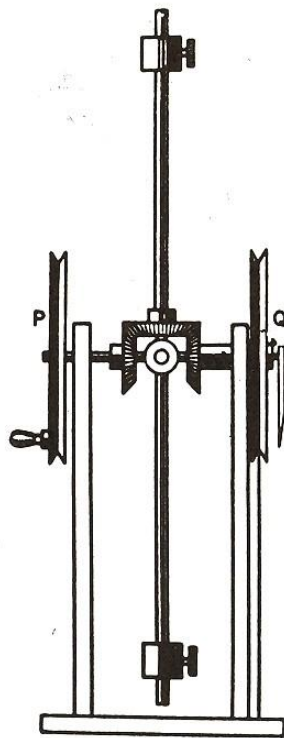
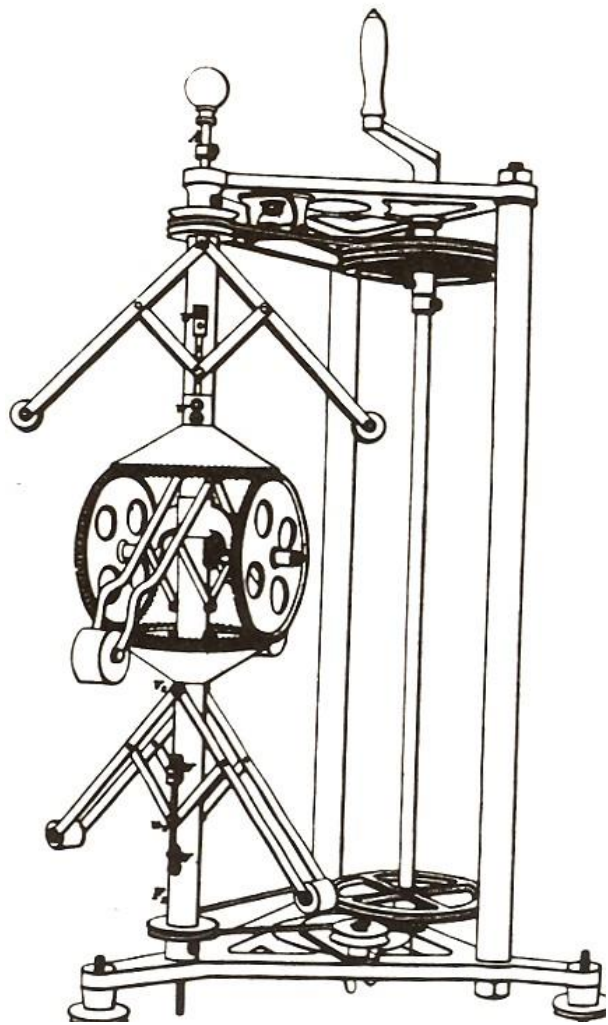
Maxwell **elektrodinamikai** eredményei:

1, Faraday gondolatainak matematikai formába öntése.

Abban a korban nagy igény volt a törvények matematikai formába öntése (helyes törekvés) mellett elektromágneses jelenségek mechanikai magyarázatára, sőt a mechanikai modelleket legyártására is (helytelen törekvés). Faraday egyikkel sem foglalkozott, ezért a tudományos közvélemény nem is vett tudomást a munkásságáról. Faraday jelentős felfedezéseit először Maxwell ismerte fel, felírta azokat matematikai képlettel, sőt mechanikai modelleket is gyártott. Mára a tankönyvekben csak az egyenletek maradtak – szerencsére.

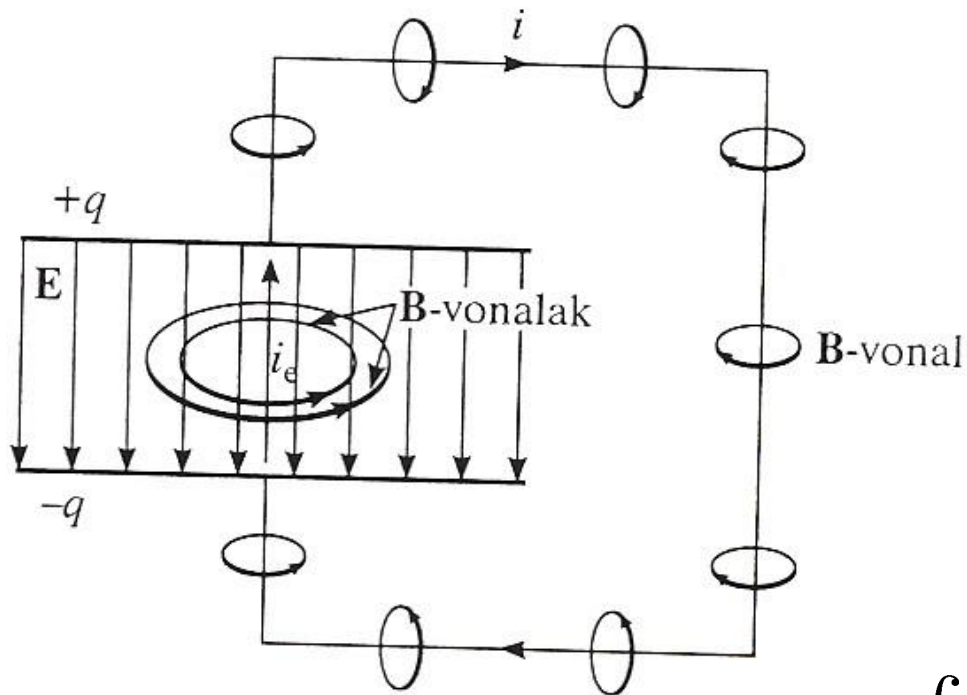
„Az elektrodinamika vektorterei akkor is léteznek, ha érzékszerveinkkel nem foghatjuk fel őket és ha mechanikai modellel nem lehet őket szemléletessé tenni.”

A csatolt áramkörök mechanikai modelljei Maxwell és Boltzmann munkásságából, az elektromágneses tér mechanikai modellje



2, Az eltolási áram bevezetése:

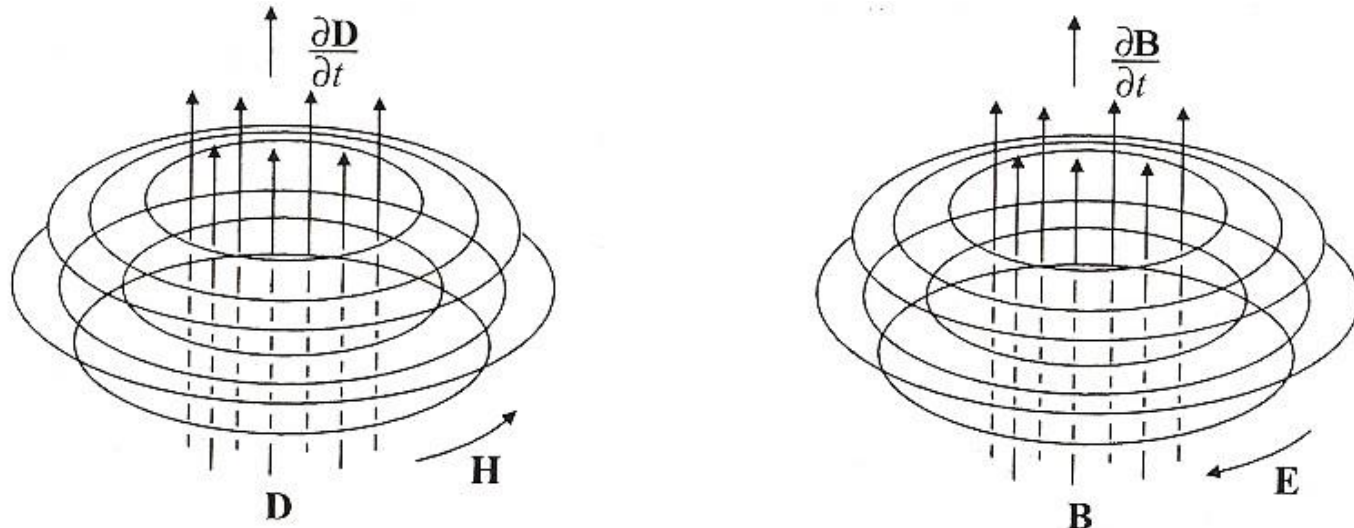
Nemcsak áramok, hanem változó elektromos tér is kelt mágneses teret.



Az Ampere-Maxwell -
törvény

$$\oint_g \vec{H} d\vec{s} = I_A + \frac{d}{dt} \int_A \vec{D} d\vec{A}$$

3, Az elektromágnességtan teljes egyenletrendszerének felírása, az elektromágneses hullámok lehetőségének felismerése.



(színuszosan) változó elektromos mező

→ (színuszosan) változó mágneses mezőt gerjeszt

→ az pedig változó elektromos mezőt indukál

→ és így tovább a végtelenségig.....

„Valószínűsíthető, hogy a fény (és a hőszugárzás) is egy az általa felírt törvények szerint az elektromágneses térben terjedő zavar (1864).

Einstein írta róla:

„Azt mondhatjuk, hogy Maxwell előtt a fizikai valóságot úgy fogták fel, hogy az anyagi részecskékből áll, amelyek változása csak mozgás, amelyeket közönséges differenciálegyenletek írnak le. Maxwell óta viszont a fizikai valóságot úgy képzeljük el, hogy azt folytonos tér reprezentálja, amelyet parciális differenciálegyenletek írnak le, és amelynek mechanikai értelmezése nem lehetséges. A valóság fogalmának ez a változása a legmélyebb és leggyümölcsözőbb, amelyet a fizika Newton óta tapasztalt.”

További eredmények:

- a kinetikus gázelmélet végső sikerre vitele
- rengeteg műszaki mechanikai eredmény
- a Szaturnusz gyűrűk stabilitása

Valószínűleg a fizikatörténet 3. legjelentősebb alakja

Melyik nem Faraday munkásságának a része?

- a) az elektrolízis törvényei
- b) mágneses erővonalak bevezetése
- c) a galvánelemek elmélete
- d) az indukció törvénye

Melyik felismerés nem Faradaytól származik?

- a) az indukált körfeszültség arányos a hurkot átdöfő mágneses indukcióvonalak számának változási gyorsaságával
- b) a mágneses mezőben mozgó vezetőben feszültség indukálódik
- c) nemcsak áramok, hanem változó elektromos tér is kelt mágneses teret
- d) vannak diamágneses és paramágneses anyagok

Melyik nem Maxwell munkásságának a része?

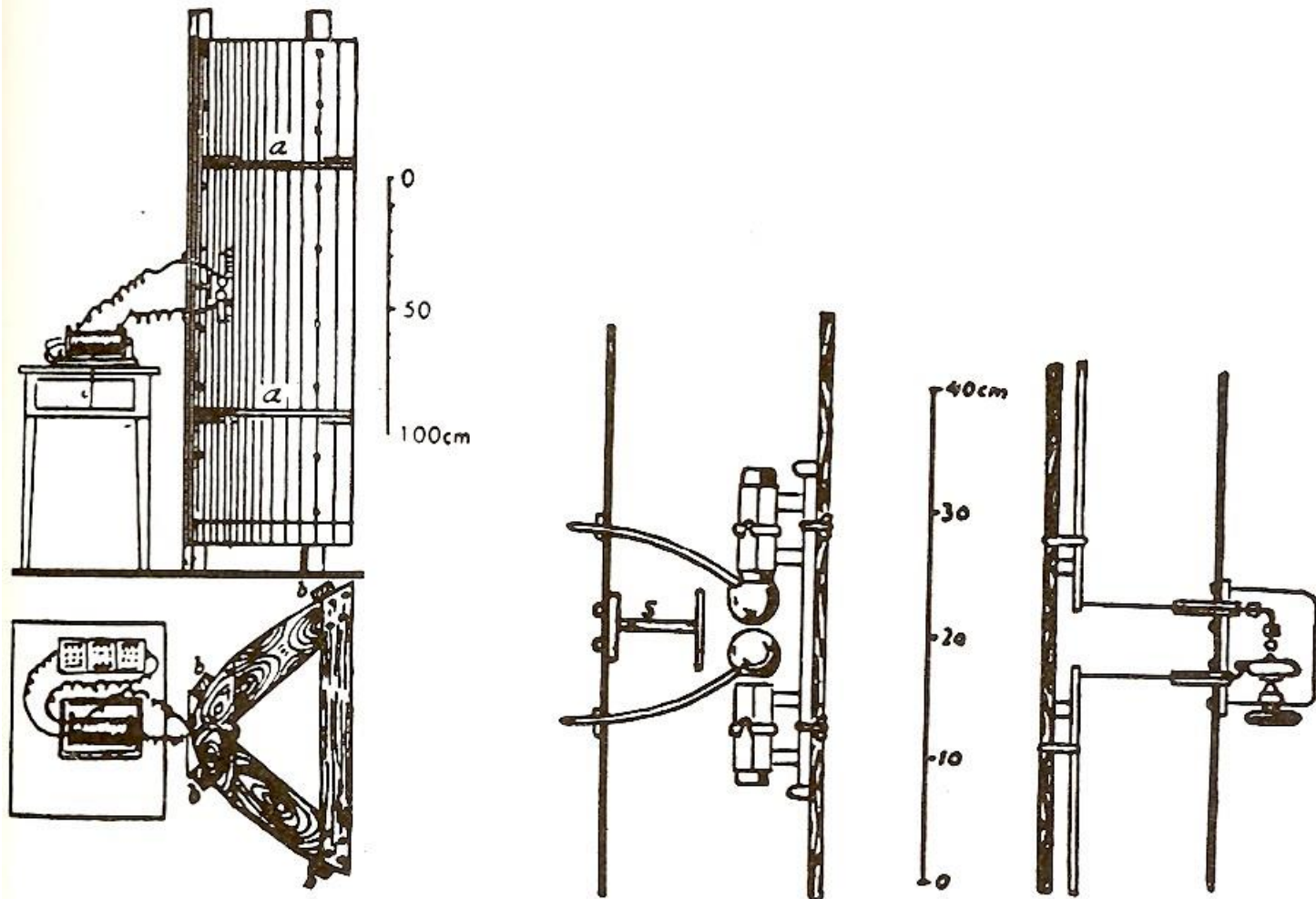
- a) Faraday törvényeinek matematikai formába öntése
- b) az eltolási áram bevezetése
- c) az elektrosztatika törvényeinek felírása
- d) az elektromágneses hullámok elméleti levezetése



HEINRICH HERTZ (1857–1894) építőmérnöknek tanult, de már 1878-ban Berlinben találjuk Helmholtznál. 1880-ban *Elektromágneses indukció forgó testekben* címmel írt doktori disszertációt. Mint Helmholtz asszisztense elsősorban gázkisüléssel foglalkozott.

1886: professzor a karlsruhei műszaki egyetemen;

1889: Clausius utódjaként a bonni egyetemen tanít fizikát. Hertz számtalan kutatási eredményei közül – még az eredménytelen katódsugár kísérletei is jó irányba indították tanítványát, Philipp Lenardot – legnevezetesebbek azon vizsgálatai, amelyekkel a Maxwell-elméletet bebizonyította, kimutatta az elektromágneses hullámok létét és azoknak a fényhullámokkal azonos viselkedését (1886). *Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper* (1890) című könyvével vitte a Kontinensen végső győzelemre a Maxwell-elméletet



4.4–56 ábra

HERTZ kísérleti elrendezése az elektromágneses hullámok kimutatására



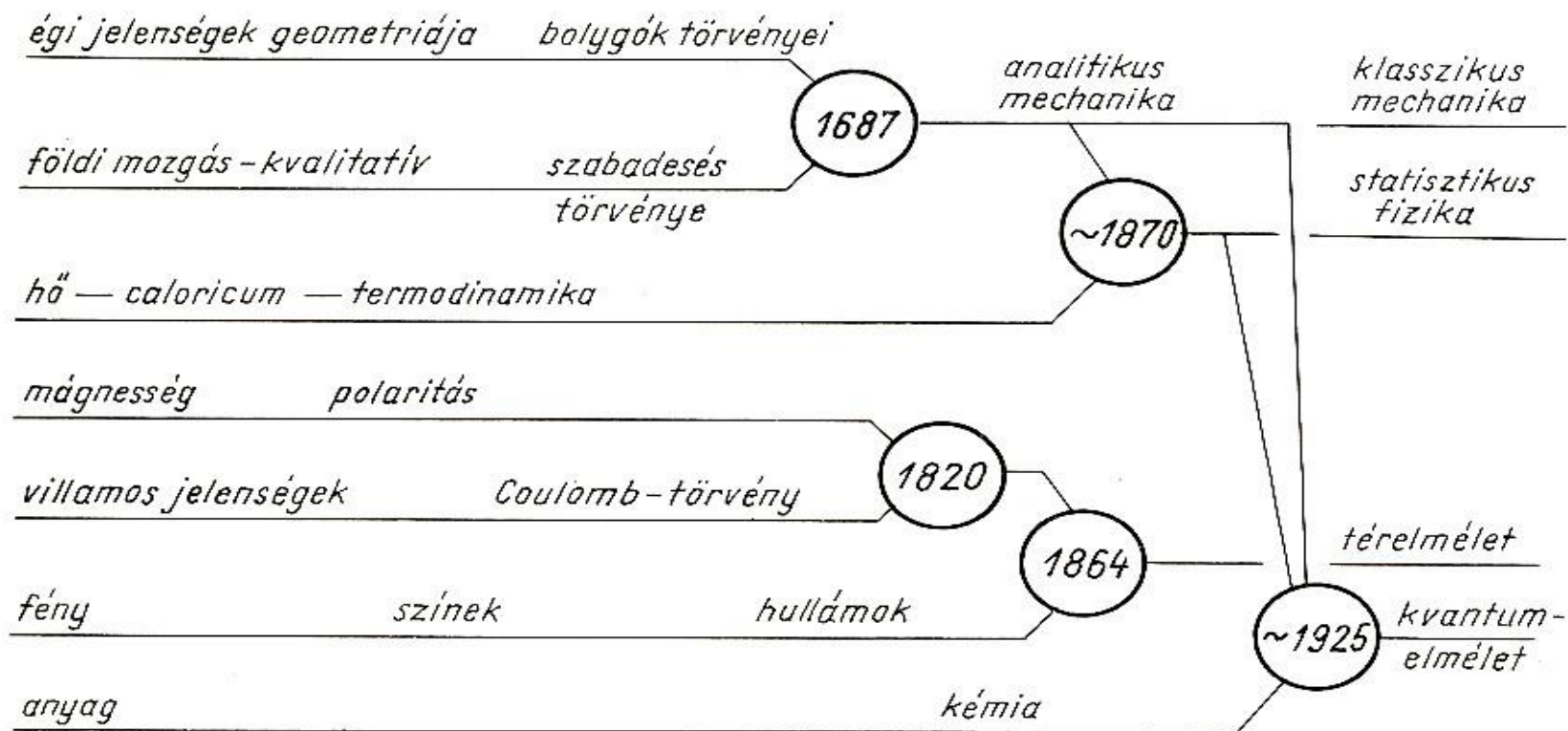
Hertz kísérleti berendezésének makettje a bécsi Műszaki Múzeumban



Hertz a sugárzó dipól antennát egy parabola alakú reflektor fókuszpontjába helyezte.

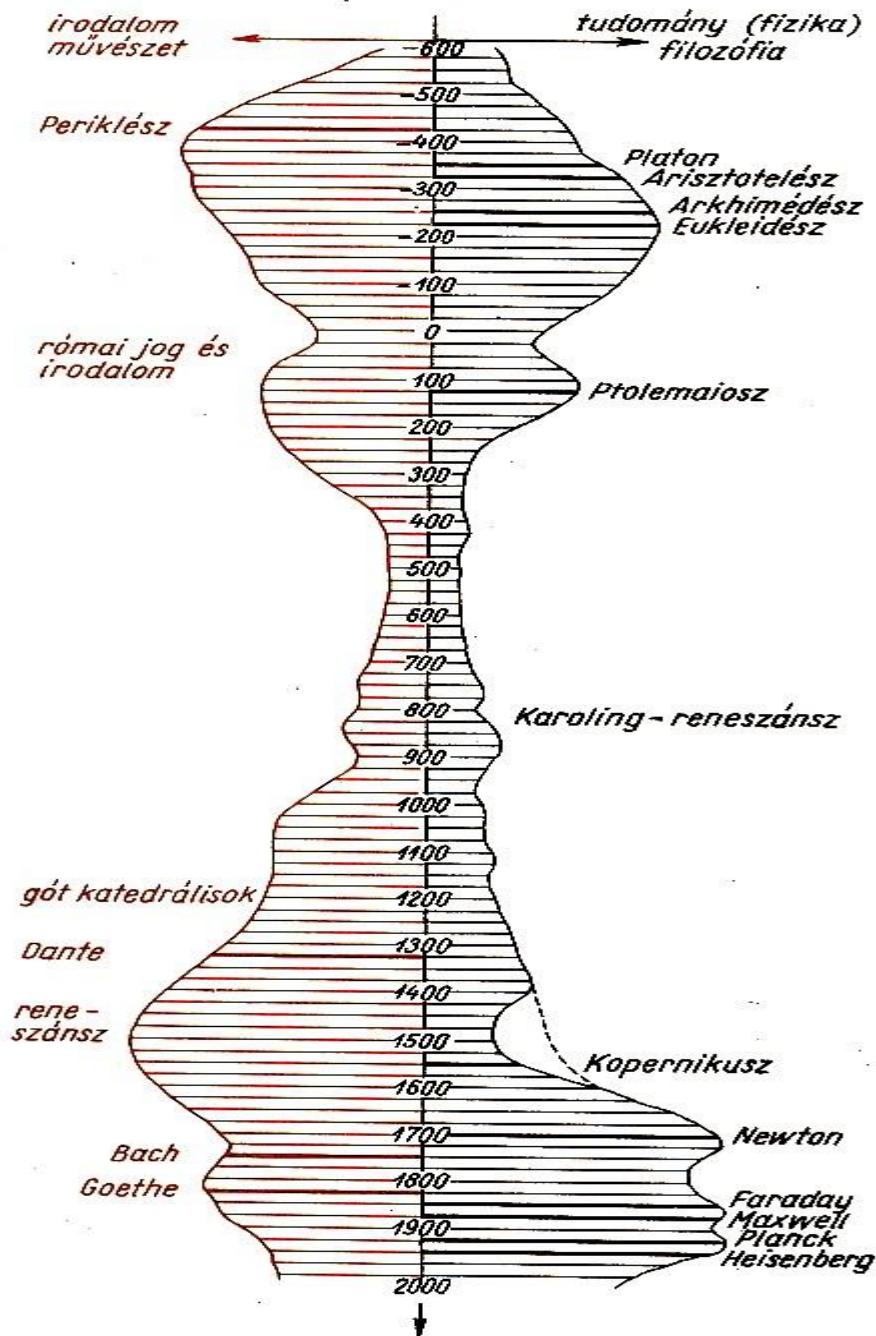
Összefoglalás

- Az I. zh tárgya az ókortól az analitikus mechanikáig (1788) ill. az Ohm törvényig (1826) tart, de az anyag szerkezetéről még nem beszéltünk
- Ezekből a témákból eddig 38 feleletválasztós kérdést és 4 párosítást mutattam be, ez a kérdéseknek közel a fele
- Az összefoglalásban további 6 feleletválasztós kérdést és 4 párosítást mutatok be



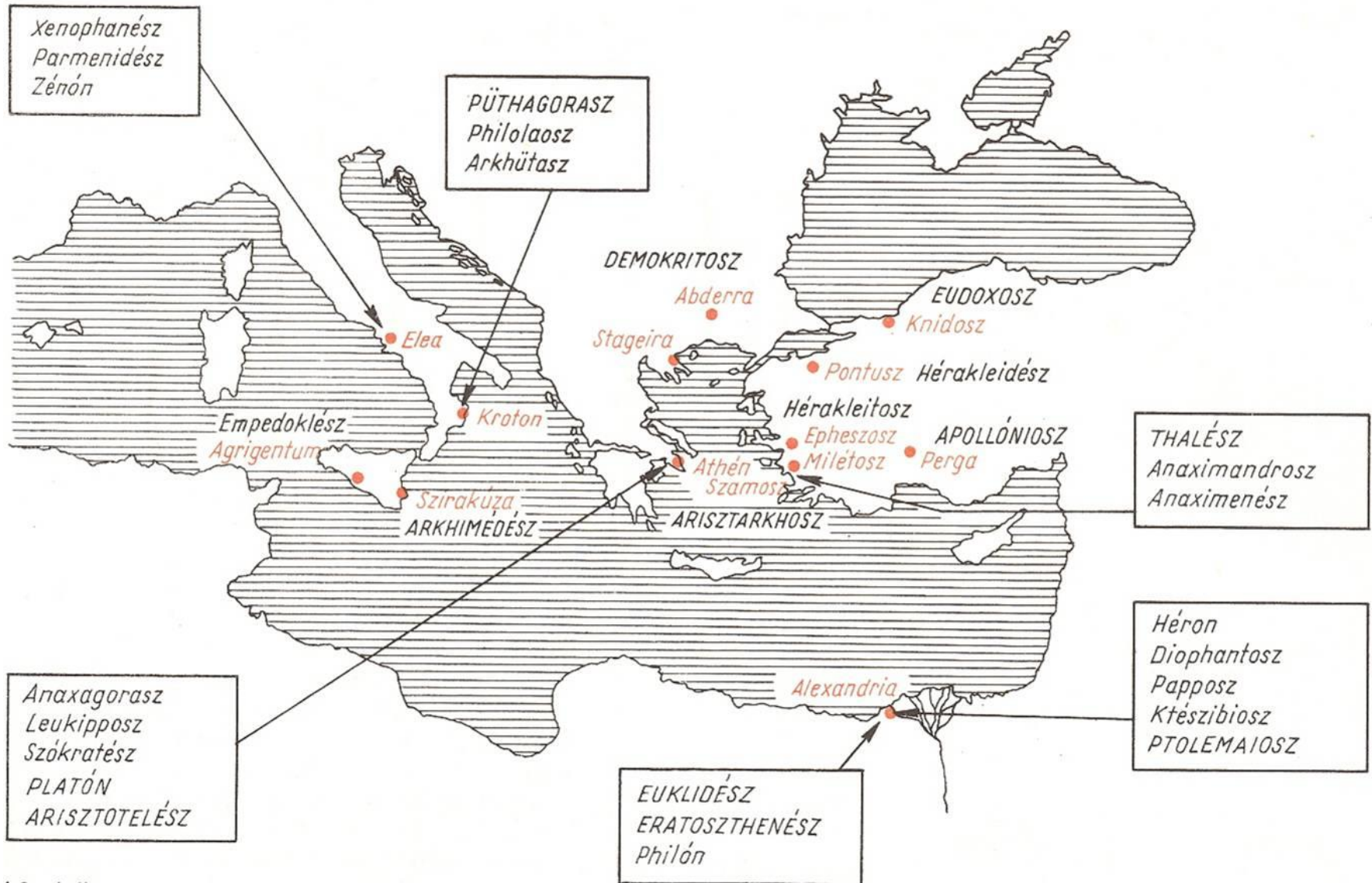
0.2–8 ábra

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



Az
intellektuális
tevékenység
intenzitásának
idődiagramja

A hellén-római kor természettudománya



1.3.4 Az arisztotelészi világgép

<p><i>Kozmosz</i> zárt, hierarchikus</p>	<p><i>Mozgás</i> folyamat és nem állapot</p>	<p><i>Anyag</i> folytonos, nem atomos</p>
<p><i>Mindennek megvan a helye, ahová természeténél fogva törekszik</i></p>		
 <p><i>égi szférák, amelyeket a csillagok szférája zár be</i></p>	<p><i>mozgás az örök harmónia szerint: egyenletes körmozgás, vagy ilyenek összetétele</i></p>	<p><i>változatlan, nem keletkező és nem tűnő anyag: quinta essentia</i></p>
<p><i>szublunáris világ</i></p>  <p><i>levegő</i> <i>víz</i></p>	<p><i>természetes mozgás: a nehéz lefelé, a könnyű felfelé igyekszik; kényszerített mozgás: minden mozgáshoz vele érintkező mozgató szükséges</i></p>	<p><i>az öselemek— föld, víz, levegő és tűz — keveredéséből és szétválásából adódó változások világa</i></p>
<p><i>vákuum lehetetlen — fizikailag is, fogalmilag is</i></p>		

1.3— 2 táblázat

Az arisztotelészi világgép jellegzetességei

Mivel társította Platón a 4 őselemet

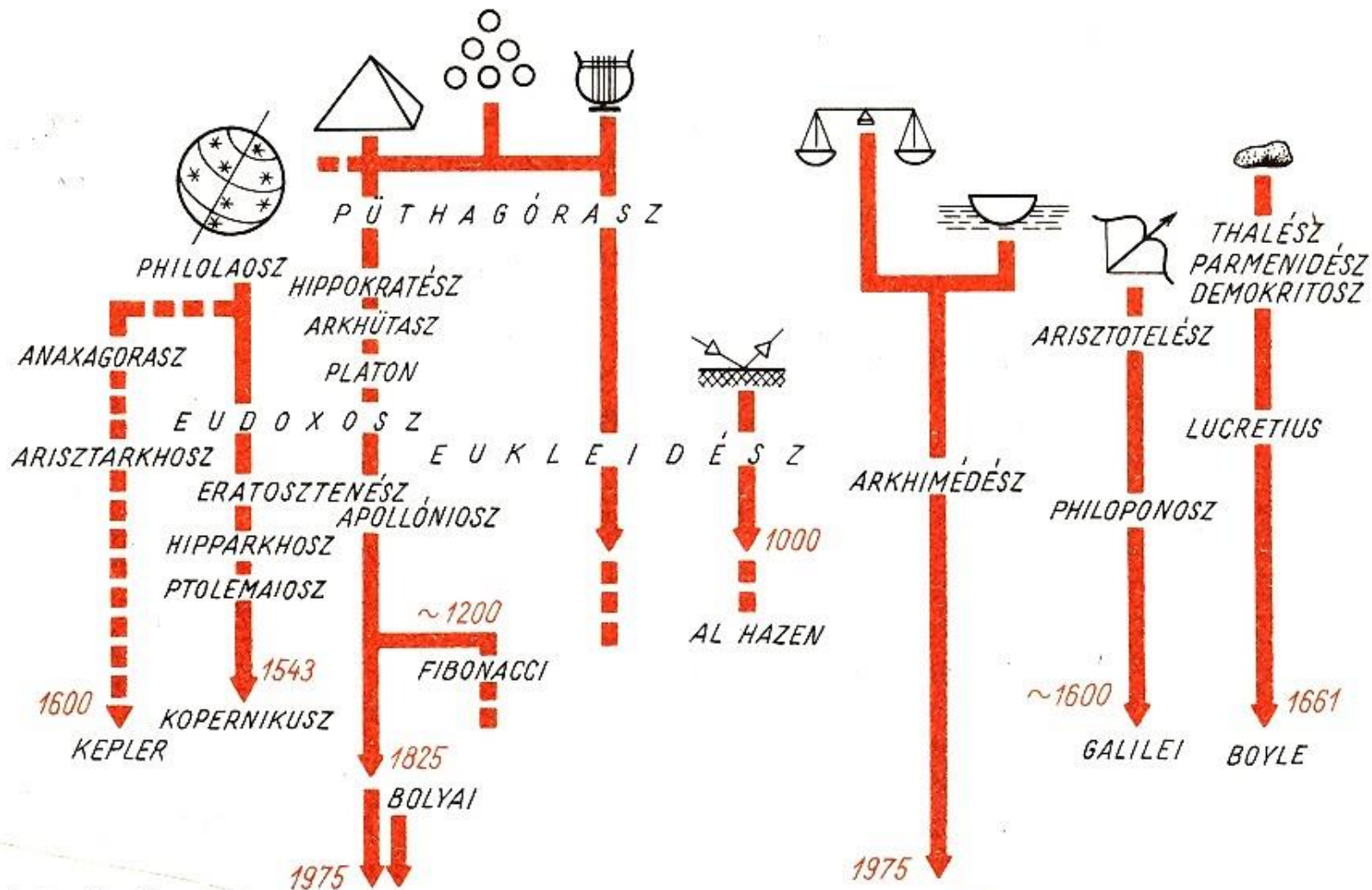
- a) 4 szabályos síkidommal
- b) 4 szabályos testtel
- c) 4 égitesttel
- d) 4 égtájjal

Válasszuk ki a helytelen állítást!

- a) Arisztotelész szerint az égi és földi mozgások azonos törvények szerint folynak
- b) Arisztotelész Nagy Sándor nevelője volt
- c) A peripatetikus dinamika a nevét a ligetek sétányairól kapta
- d) Arisztotelész szerint minden mozgáshoz vele érintkező mozgató szükséges

Melyik város volt az ókorban évszázadokon át a természettudományok központja?

- a) Athén
- b) Szirakúza
- c) Alexandria
- d) Róma

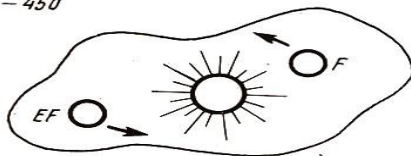


1.2–2 ábra

A görög természettudomány témakörei. Bejelöltük azt az időpontot is, ameddig a görög gondolat mint tudományos igazság szerepelt

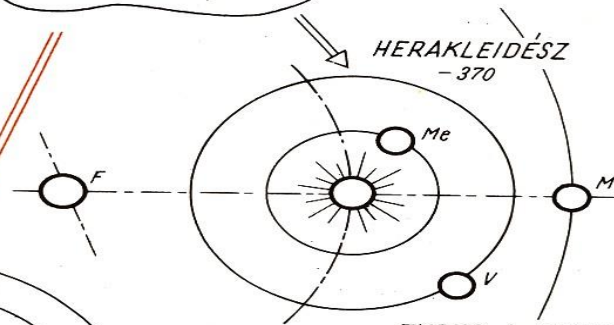
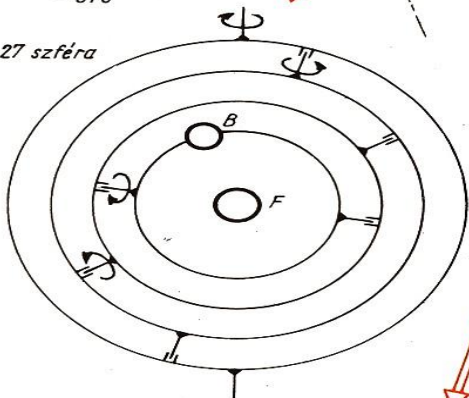
PÜTHAGORASZ - PHILOLAOSZ

~ - 450



EUDOXOSZ
- 370

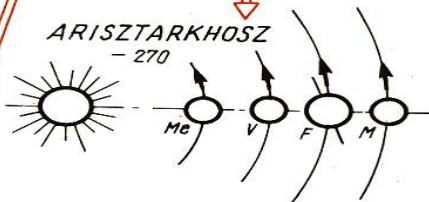
27 szféra



HERAKLEIDÉSZ
- 370

TYCHO de BRAHE
1600

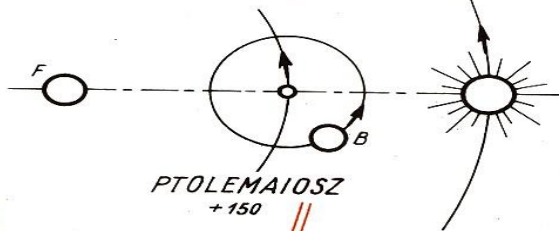
ARISZTARKHOSZ
- 270



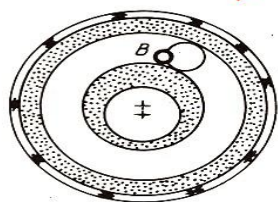
ARISZTOTELÉSZ
- 340

HIPPARKHOSZ
- 150

KOPERNIKUSZ
1543



PTOLEMAIOSZ
+ 150





Nicolaus Copernicus
1473 – 1543



Tycho de Brahe
1546-1601



Johannes Kepler
1571-1630

Párosítsuk össze a csillagászokat és a felfedezésüket!

1. A Jupiter holdak felfedezése
2. A Föld kerületének megmérése
3. A világegyetem középpontja a Nap
4. A bolygók ellipszis pályán keringenek

- a) Galilei
- b) Kopernikusz
- c) Kepler
- d) Eratoszthenész

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

Párosítjuk össze a fizikusokat (csillagászokat) és távcsöveiket!

1. tükrös távcső
2. domború és homorú lencsét is tartalmazó hollandi távcső
3. csak domború lencsét tartalmazó csillagászati távcső
4. nincs távcsöve

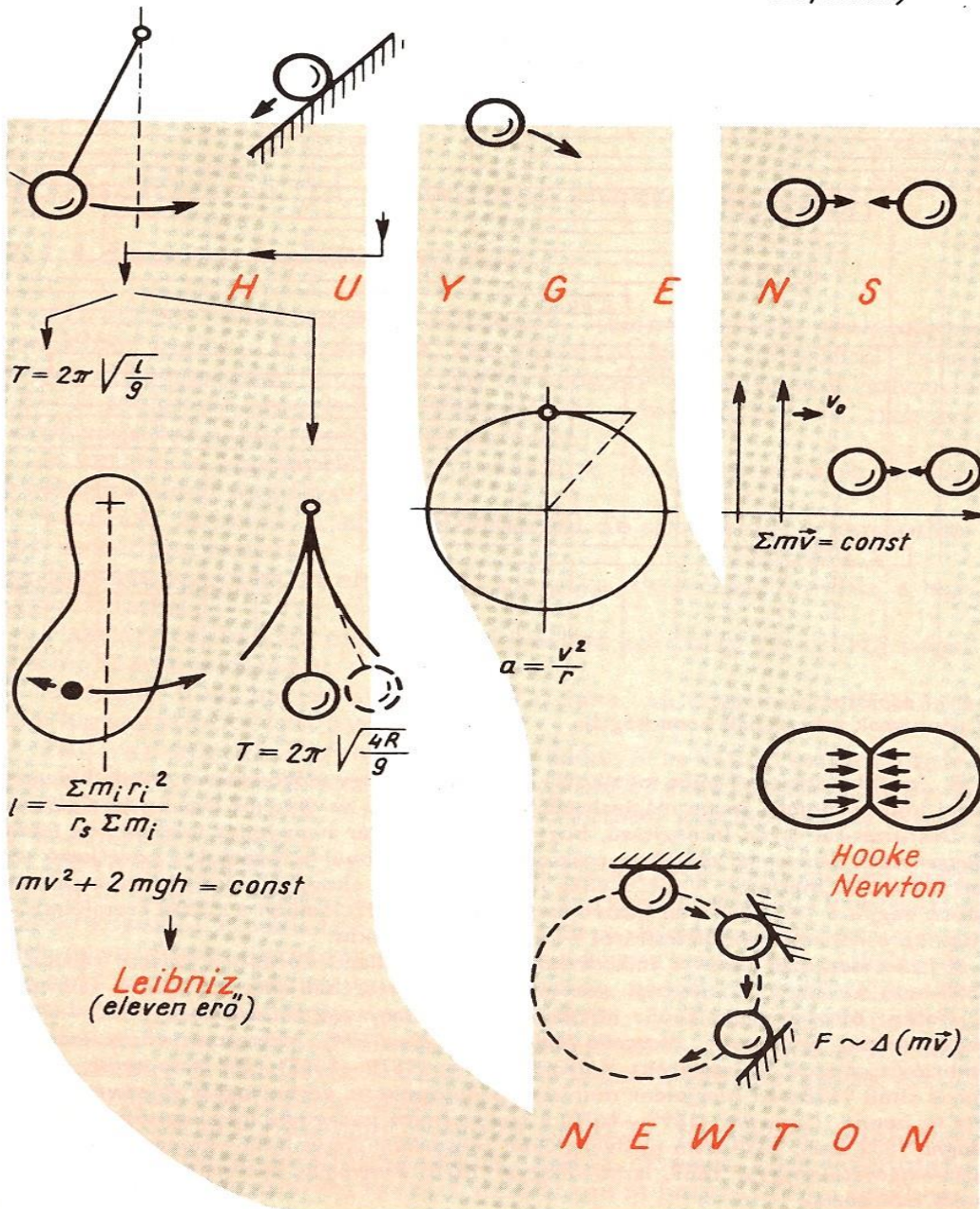
- a) Kepler
- b) Galilei
- c) Kopernikusz
- d) Newton

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

G A L I L E I

DESCARTES

(filozófiai alapelvek)



Párosítsuk össze a fizikusokat és a felfedezésüket!

1. Az elhajított testek parabola pályán mozognak
2. A körmozgást végző testnek centripetális gyorsulása van
3. A magára hagyott test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez
4. A lendület időegység alatti megváltozása arányos az erővel

- a) Galilei
- b) Newton
- c) Descartes
- d) Huygens

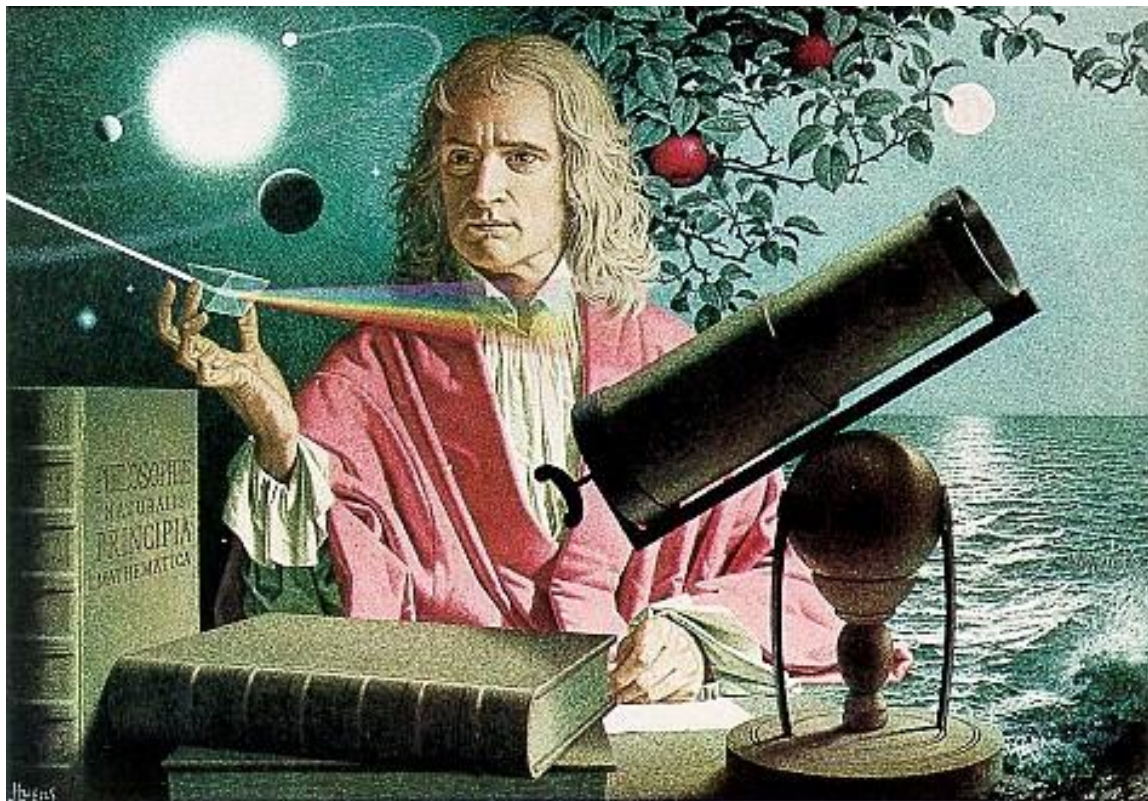
	a	b	c	d
1	X			
2				X
3			X	
4		X		

Párosítsuk össze a híres könyveket a tartalmukkal!

1. Ptolemaiosz világegyeteme
2. Galilei fizikája
3. Newton fizikája
4. A felvilágosodás „bibliája”

- a) Almagest
- b) Enciklopédia
- c) Princípiá
- d) Discorsi

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



Newton dinamikája

Newton 4 törvénye, ahogy ma is tanítjuk

Newton gravitációja

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

Newton optikája

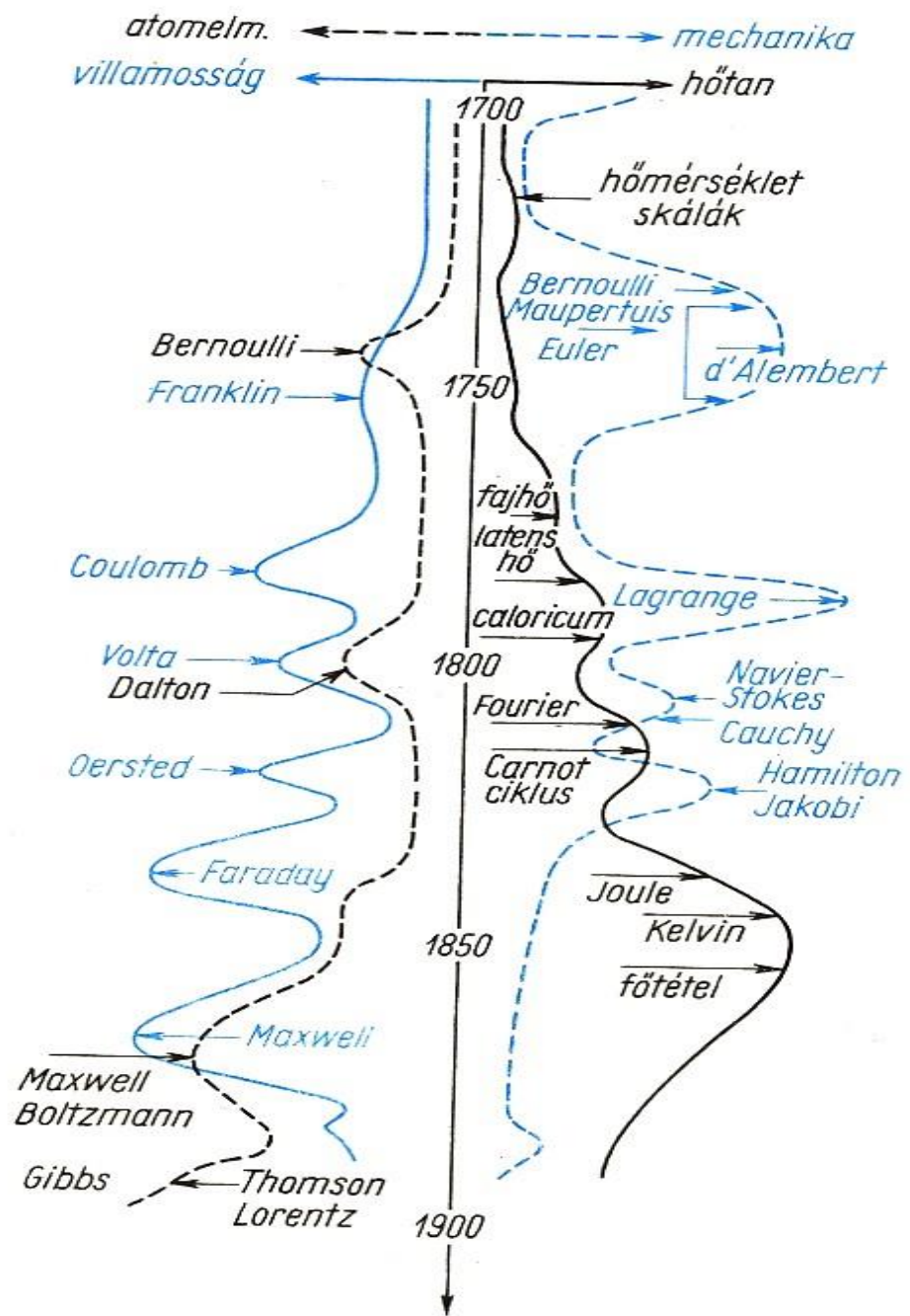
Távcső, színbontás, korpuszkuláris modell

Newton matematikája

Differenciál- és integrálszámítás

Newton filozófiája

- 1, A mozgásjelenségekből megvizsgálni a természet erőit és aztán ezekből az erőkből levezetni a többi jelenséget: **mechanisztikus világkép**.
- 2, Az axiómákat, amelyekre a jelenségekből általános indukciónal következtettünk mindaddig érvényesnek tekintjük, amíg olyan jelenségekkel nem találkozunk amelyek segítségével pontosíthatjuk őket.
- 3, Egységes koherens világképet adott: az abszolút tér és idő koncepciója. **A relativitáselmélet óta tudjuk, hogy abszolút tér és idő nem létezik.**



Coulomb törvénye szerint

- a) az erő arányos a töltésekkel és a köztük lévő távolság négyzetével
- b) az erő fordítottan arányos a töltésekkel és a köztük lévő távolság négyzetével
- c) az erő arányos a töltésekkel és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével
- d) az ellentétes töltések taszítják egymást

Mit fedezett fel 1820-ban Ampere?

- a) a galvánelemeket
- b) az elektrolízist
- c) áramok mágneses hatását
- d) a villámhárítót

Mivel foglalkozik Ohm törvénye?

- a) a feszültség és az áramerősség kapcsolatával
- b) az áramok hőhatásával
- c) az áramok mágneses hatásával
- d) az indukált elektromos árammal