A fizika története

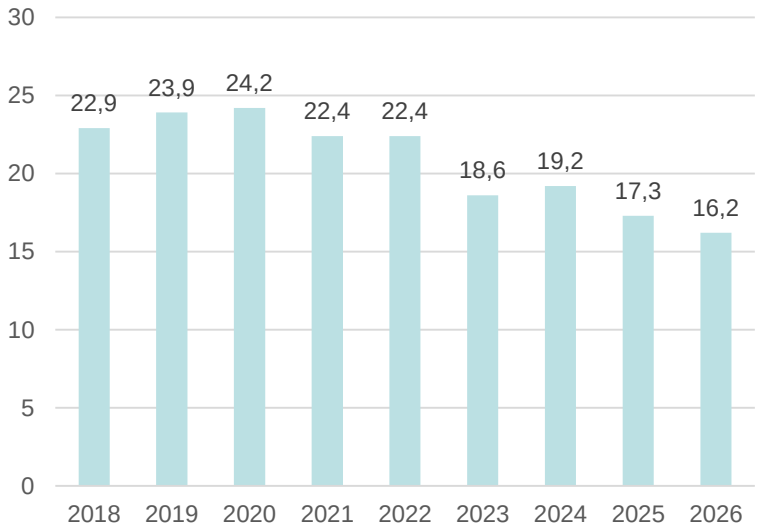
(GEFIT555-B2, GEFIT555-B, 2+0, 2 kredit)
2026/2027. tanév, 1. félév

Dr. Paripás Béla

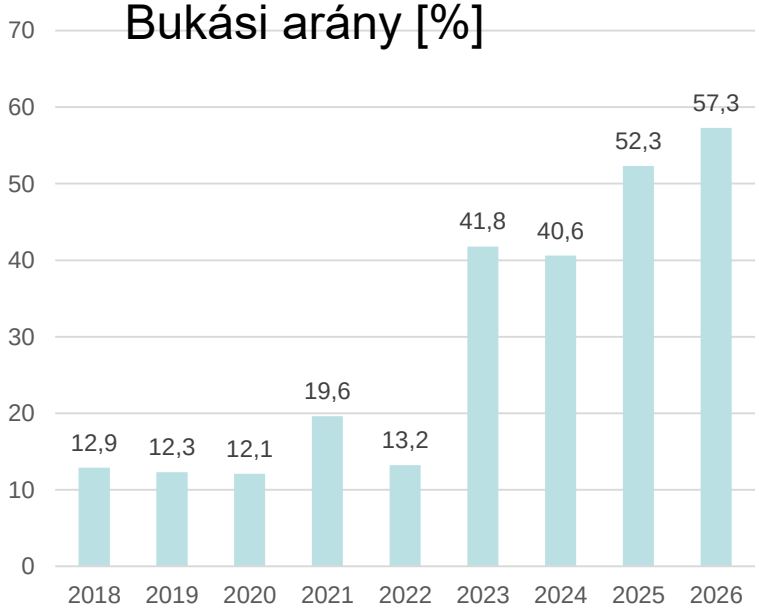
6. Előadás (2026.10.19.)

1. zh. eredmények, összehasonlítás a korábbi évekkel

Átlagpontszám



Bukási arány [%]



Az 1. dolgozat eredményeit feltettem a honlapomra
http://web.uni-miskolc.hu/~www_fiz/paripas/A%20fizika%20tortenete.htm

A dolgozatokat a konzultációs időmben hétfőnként 15-16 óra között a szobámban (A2, 3.em. 7.sz.) is meg lehet tekinteni.

Ismétlés

Faraday és Maxwell munkásságát még nem kértem számon, ez a 2. zh.-ban fog megtörténni.

Melyik felismerés nem Faradaytől 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) az elektrosztatika törvényeinek felírása
b) Faraday törvényeinek matematikai formába öntése
c) az eltolási áram bevezetése
d) az elektromágneses hullámok elméleti levezetése

Az elektromágneses fényelmélet

A XVIII. században nincs előrehaladás: a Newton-féle korpuszkuláris elméletet használják. A fény évszázadában a fénnyel kapcsolatos ismeretek alig gyarapodtak!!!

Young, 1801: a fény periodikus hullámvonulatokból áll, az interferencia jelenségek felismerése, a Newton-féle színes gyűrűk helyes elmélete.

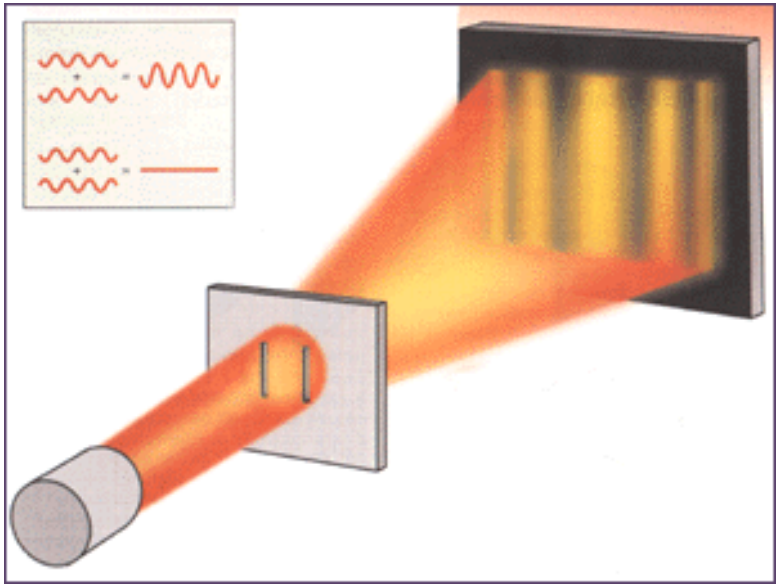
Malus, Brewster, ~ 1810: a polarizáció felismerése, a fény transzverzális hullám

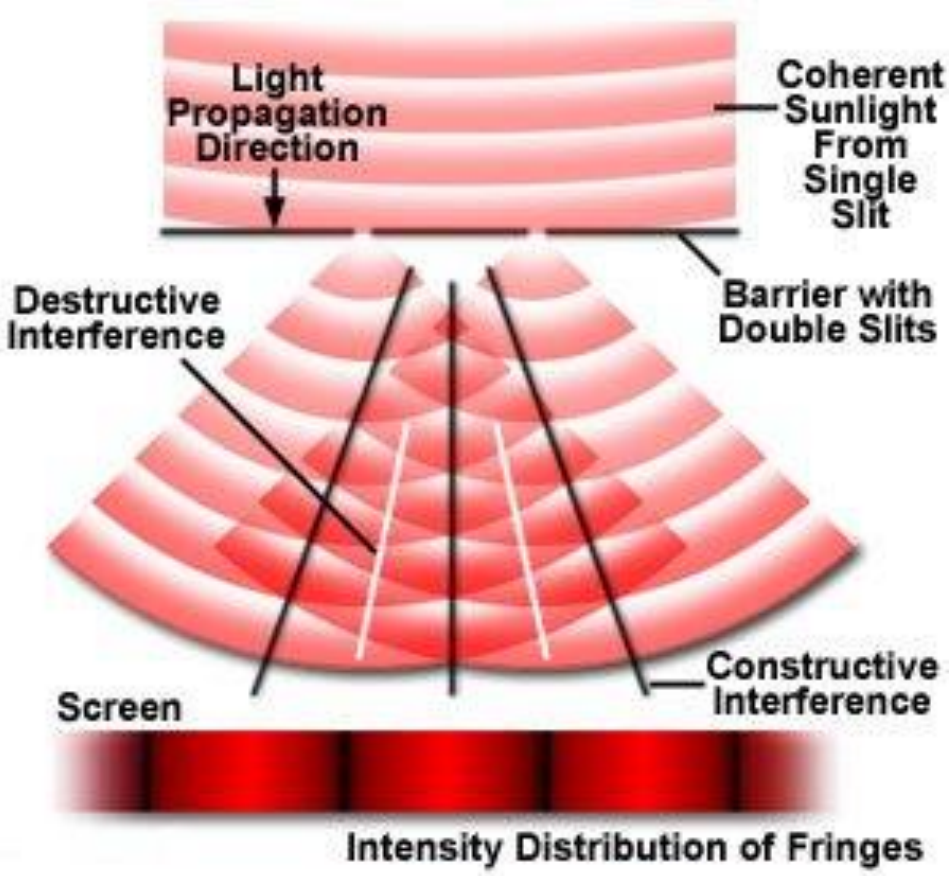
Fresnel, ~ 1820: matematikailag precízen megfogalmazza a Huygens elvet, az interferenciát, a polarizációt.

Fizeau, ~ 1850: a fénysebesség pontos mérése, a fény közegben lassabban halad.

Maxwell, ~ 1865: a fény elektromágneses hullám

Lorentz, ~ 1891: klasszikus elektronelmélet, fény és anyag kölcsönhatása, a törésmutató anyagszerkezeti értelmezése





Young, 1801: a kétréses kísérlet; az interferencia bizonyítja a fény hullám jellegét egyúttal lehetővé teszi a hullámhossz mérését is



4.4—57 ábra
THOMAS YOUNG (1773—1829) csodagyerek volt: kétéves korában már olvasott. Sokoldalú tehetség: festő, zenész, nyelvész, orvos, fizikus. 1800-tól orvosi praxist folytat Londonban, és mellékesen 1801—1804 között a Royal Institution fizikaprofesszora. Előadásai 1807-ben két kötetben jelentek meg (*A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*). A fizikában elsősorban a fény hullámtermészetének bizonyítása fűződik nevéhez. 1793-ban a látásélességgel és színlátással foglalkozott, 1801-ben felfedezte az interferencia jelenségét mint a fény hullámtermészetének legfőbb bizonyítékát. 1817-ben megállapította a fényhullámok transzverzális voltát. Egyéb munkái közül érdemes megemlíteni a kohézióval kapcsolatos vizsgálatait, amelyekben megbecsülte a molekulák nagyságát.

Az optika mellett foglalkozott még:

Mechanikával: Young- modulus

Atomelmélettel: a molekulák mérete

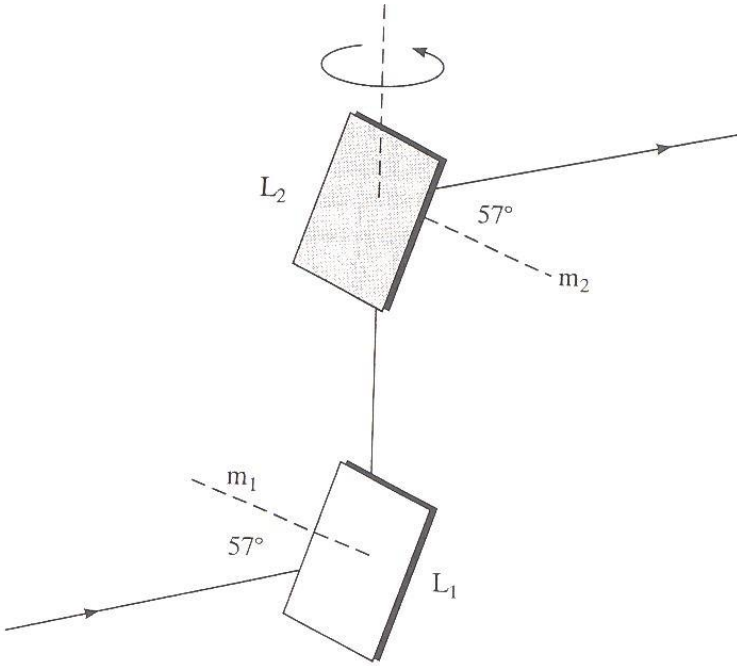
Orvostudomány: a szem működése

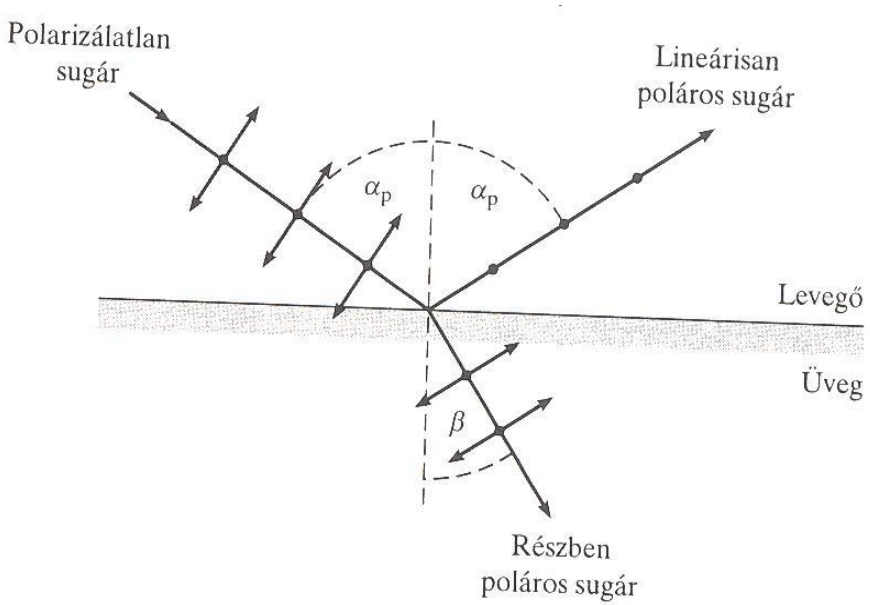
gyakorló orvos volt

Régészet: egyiptomi hieroglifák megfejtése

Nyelvészet: 14 éves korában már 13 nyelven beszélt

Zenélt és kötéltáncolt egy cirkuszban



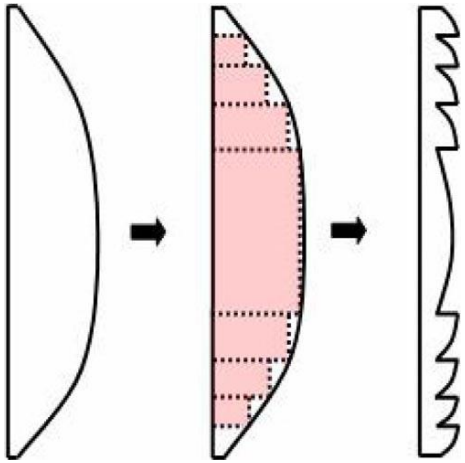


Malus (1775-1812): a kb. 57°-ban visszavert fényt a vele párhuzamos felső üveglemez visszaveri,de 90°-os elforgatás után nem (~ 1810): **a fény tehát transzverzális hullám**

Brewster (1781-1868): a kb. 57°-ban visszavert fény lineárisan poláros (tg 57° ≈ 1,5 = n) (~1815): **a polarizáció a fény transzverzális hullám voltát bizonyítja**



4.4—58 ábra
JEAN AUGUSTIN FRESNEL (1788—1827) a fény hullámtermészetét megalapozó francia iskola egyik legnevezetesebb képviselője. Érdemes felfigyelni születési helyére: Broglie (Normandia). Útépítő mérnök, tudománnyal csak szabad idejében foglalkozott. 1823-ban a Francia Akadémia, 1825-ben a Royal Society tagja. Nevéhez fűződik a Huygens-elv precíz megfogalmazása, a hullámjelenségek matematikai leírása, a polarizáció és transzverzalitás kapcsolata. A polarizációs sík forgását már a cirkulárisan polározott hullámok kettős törésével magyarázza. Megadja a megtört és visszavert hullám intenzitását helyesen leíró és nevét viselő formulákat.



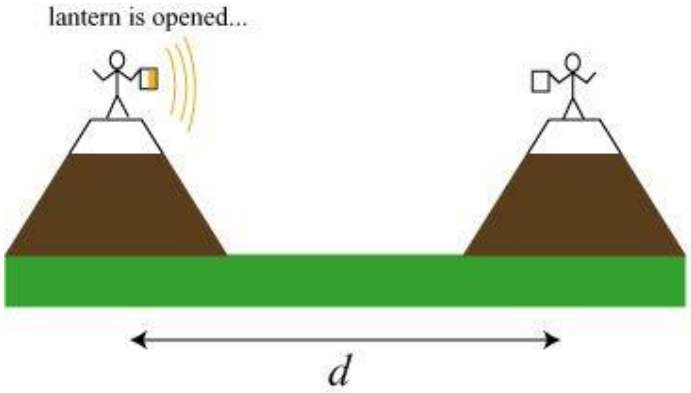


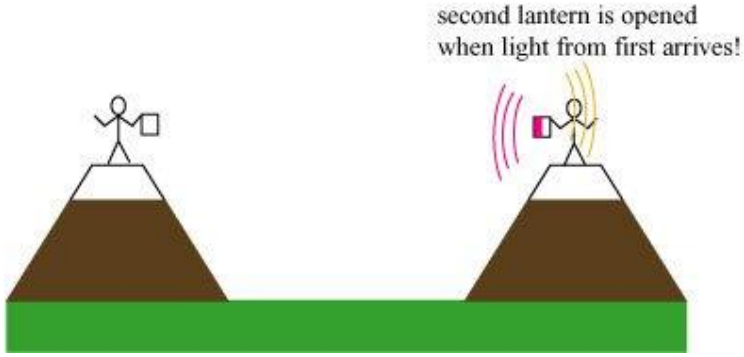


Fresnel
lencsék
és zónák

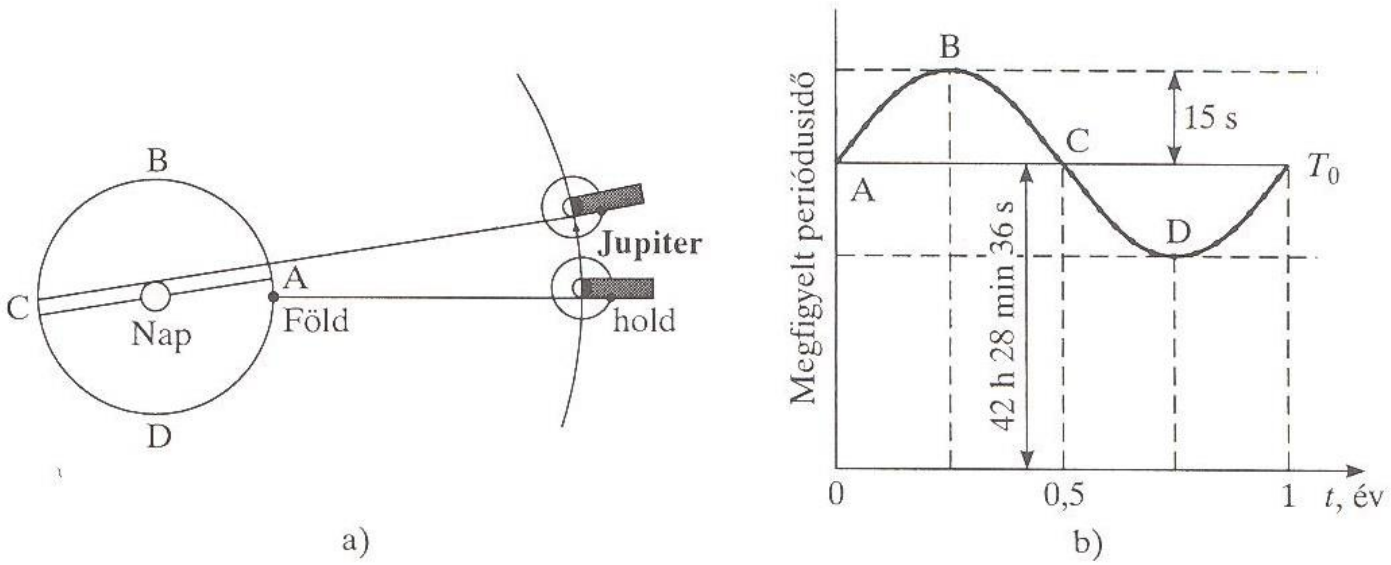
Próbálkozások a fény terjedési sebességének kísérleti meghatározására







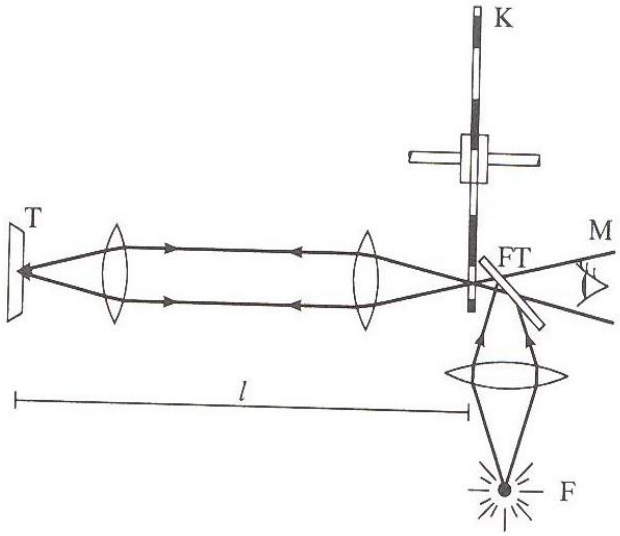
A fény sokkal rövidebb idő alatt teszi meg a néhány km-es utat, mint amennyi az ember reakcióideje, tehát így a fény sebessége nem mérhető meg

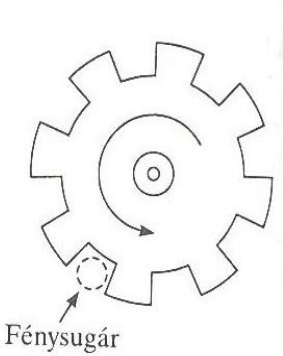


Römer (1644-1710): **a fény terjedési sebességének első valódi kísérleti meghatározása (1676).**

A Jupiter legbelső holdjának holdfogyatkozásai között eltelt időket figyelte meg igen pontosan. Ha a Föld távolodik a Jupitertől (B), akkor ezek az idők nagyobbak, mint amikor közeledik (D).

Nagyságrendileg helyes eredményt kapott ($2{,}3 \cdot 10^8$ m/s).





Fizeau módszere: a fogaskerekes módszer

ő mérte meg először a fénysebességet földi körülmények között (1849), a pontossága 5%-on belül volt.

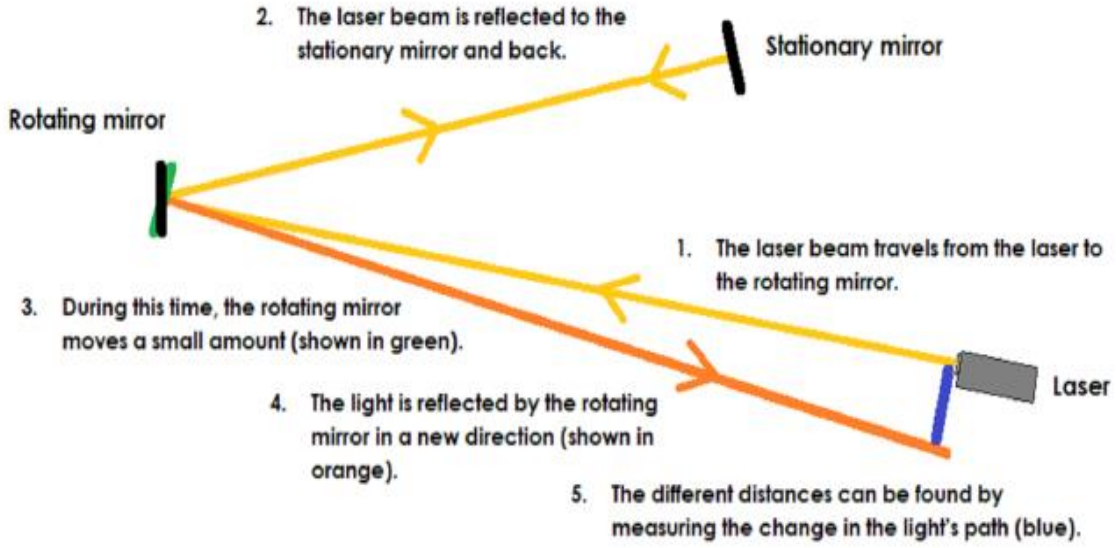
Hátrány az is, hogy a tükröt a fogaskeréktől több km távolságra kell tenni

Léon Foucault részt vett a kísérletben



Hippolyte Fizeau
francia fizikus
(1819–1896)

Léon Foucault tovább fejlesztette a módszert: a forgótükrös módszert



Előnyei: nagyobb pontosságot (kb. 1%) tett lehetővé,
A két tükör közötti távolság csak méter nagyságrendű
→ lehetőség nyílott közegekben történő mérésre is

A fény sebessége álló vízben kisebb, mint a vákuumban!!!.
A kettő aránya a törésmutató.
(A több évszázados vita lezárva!!!)

Áramló vízben váratlan eredmények:

$c' = c/n + (1 - 1/n^2)v$

A pontos fénysebesség :

299 792 458 m/s

(egzakt, mert ma ezen alapul a méter)



Léon Foucault
francia fizikus, csillagász
(1819–1868)

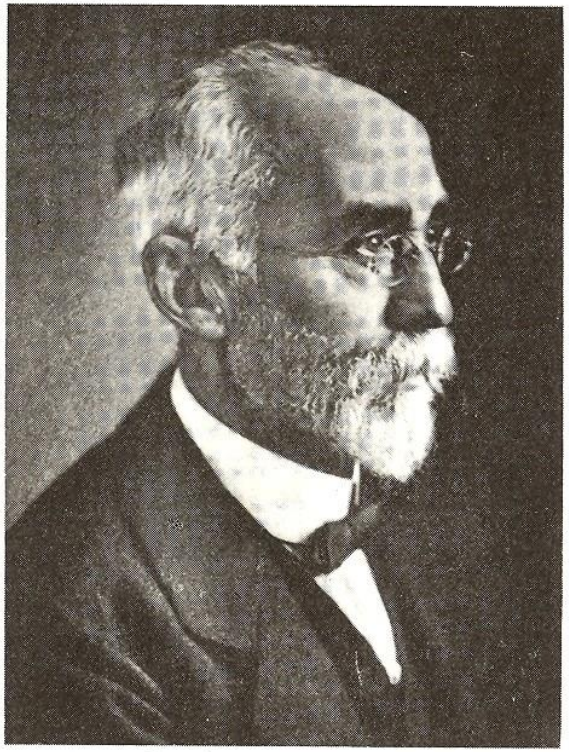
Maxwell (1831-1879): Az elektromágnességtan teljes egyenletrendszerének felírása, az elektromágneses hullámok lehetőségének felismerése

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0}}$$ amely éppen a fénysebességet adja.

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

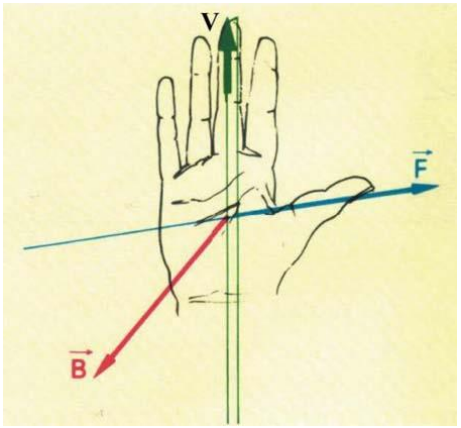
Hertz (1857-1894): Az elektromágneses hullámok létének és a fényhullámokkal azonos viselkedésének a bizonyítása (1886).

Lorentz (1853-1928): az elektromágneses fényelmélet szintézise, klasszikus elektronelmélet, fény és anyag kölcsönhatásának klasszikus tárgyalása. Életművének jelentőségét a későbbi kvantumelmélet jelentősen csökkentette.



4.4—59 ábra
HENDRIK ANTOON LORENTZ (1853—1928) a leideni egyetemen tanult matematikát és fizikát. 1878-tól a leideni egyetemen az elméleti fizika tanára. 1875-ben megjelent *Reflexion et réfraction de la lumière dans la théorie electromagnetique* cikkében a Fresnel-összefüggéseket vezeti le az elektrodinamika alapegyenleteiből. Széles körű munkásságából (a Zuider-See kiszárításának tervét is ő készítette) kiemelkedik az anyag róla elnevezett elektronelmélete (1892), a Zeeman-effektus elméleti magyarázata (1896), a relativitáselmélet előkészítése: Lorentz–Fitzgerald-féle kontrakció (1892), a Lorentz-transzformáció (1899).

Lorentz a századforduló méltán egyik legnépszerűbb és legnagyobb nemzetközi tekintélynek örvendő fizikusa, bár mind a relativitáselmélet *Einstein* által adott értelmezésével, mind a Planck-féle kvantumelmélettel szemben igen nehezen adta fel tartózkodó magatartását



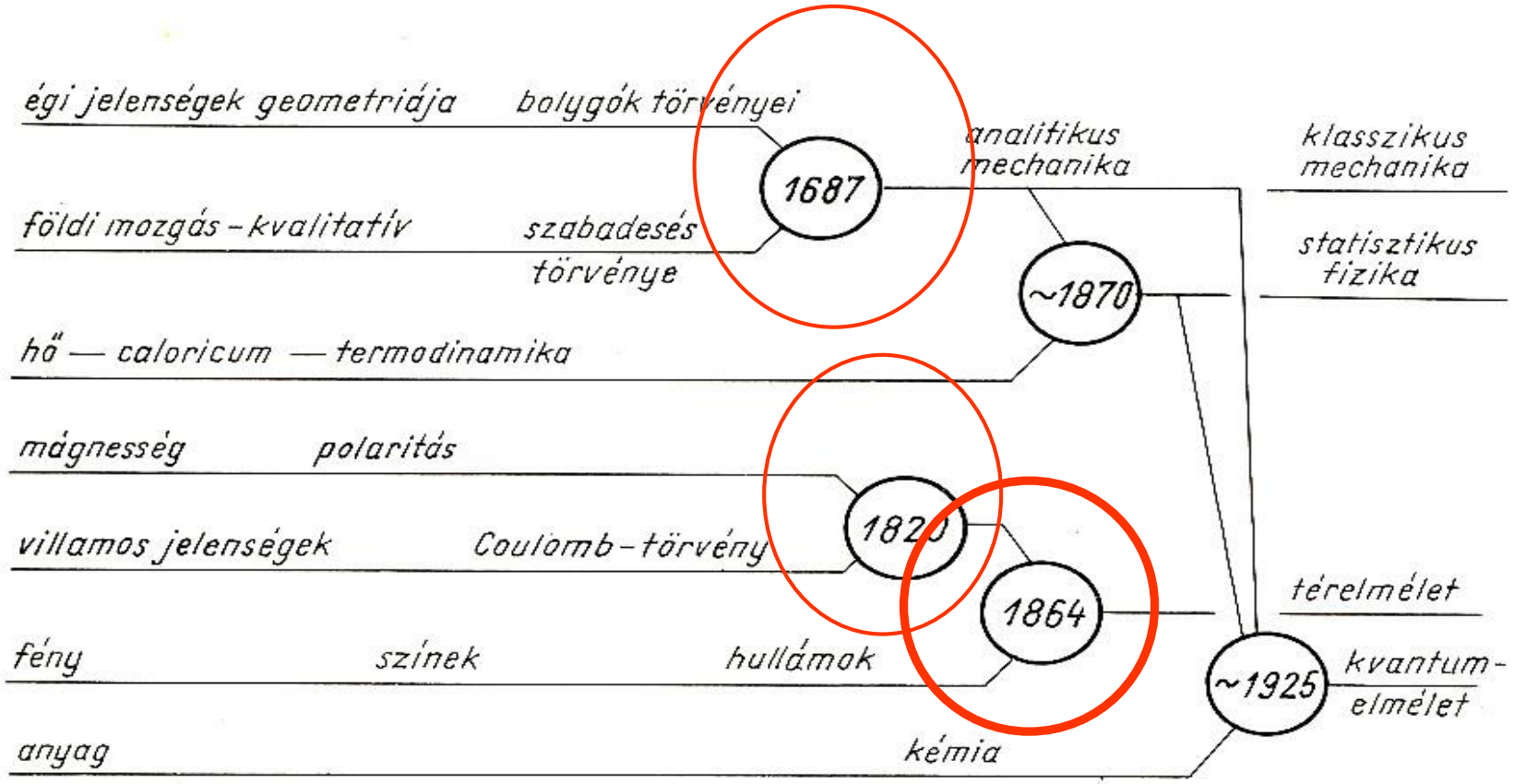
A Lorentz-erő

Párosítsuk össze a fizikusokat és a fénnyel kapcsolatos kísérleti eredményeket!

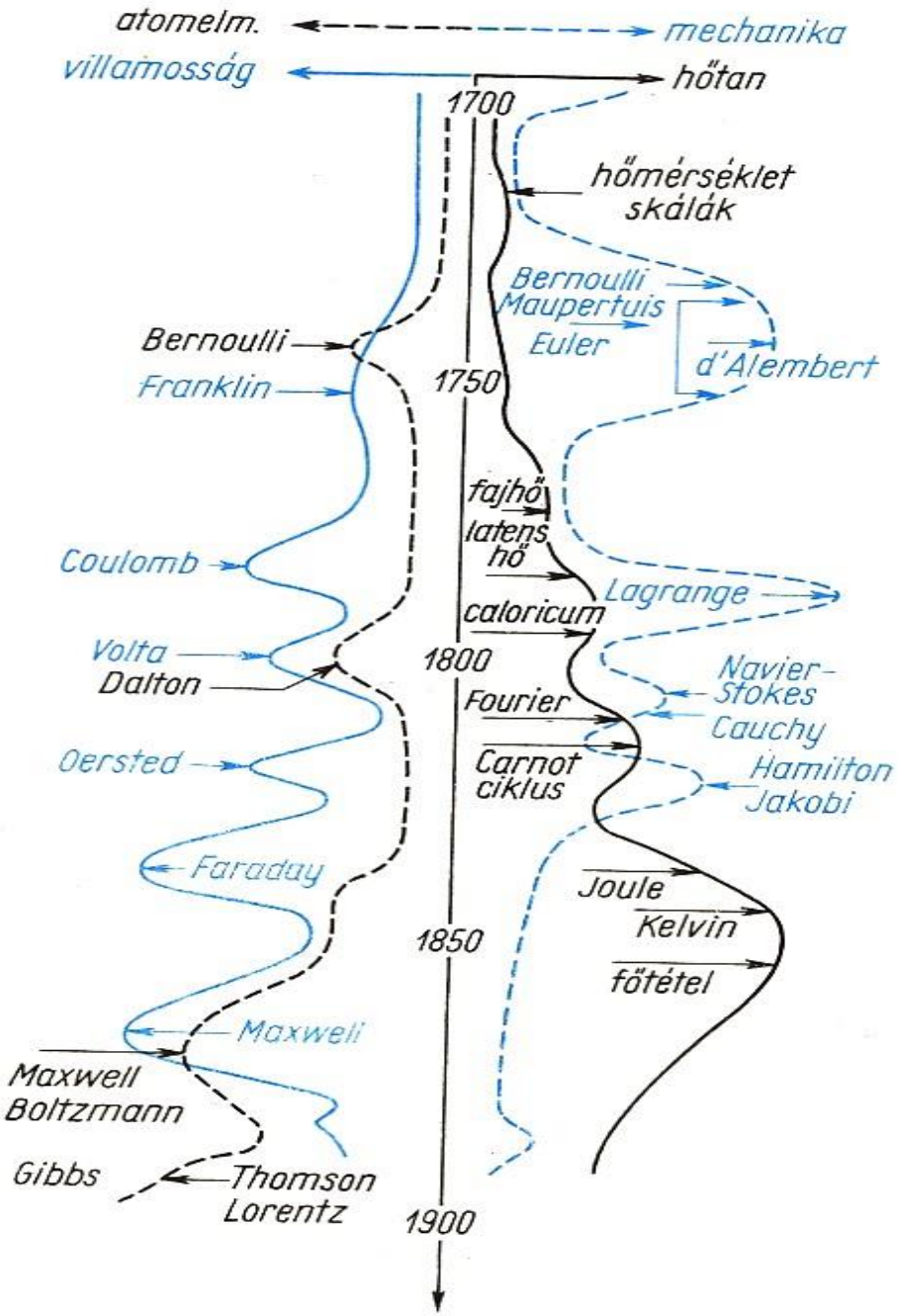
1. a fény hullám
2. a fény transzverzális hullám
3. a fény elektromágneses hullám
4. a fény sebességének a megmérése

a) Fizeau
b) Malus, Brewster
c) Young
d) Hertz

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



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


atomelm.
mechanika
villamosság
hőtan
1700
hőmérséklet skálák
Bernoulli
Maupertuis
Euler
d'Alembert
Bernoulli
Franklin
1750
fajhő
latens hő
Coulomb
caloricum
Lagrange
Volta
Dalton
1800
Navier-Stokes
Fourier
Cauchy
Oersted
Carnot ciklus
Hamilton
Jakobi
Faraday
Joule
Kelvin
főtétel
1850
Maxwell
Maxwell
Boltzmann
Gibbs
Thomson
Lorentz
1900

Hőtan

Kinetikus elmélet: a súrlódás illetve rugalmatlan ütközés során eltűnő mechanikai energia az anyagot alkotó részecskék mozgási energiáját növeli (Leibniz, XVII. század vége).
A hő tehát az anyagot alkotó részecskék mozgási energiája.

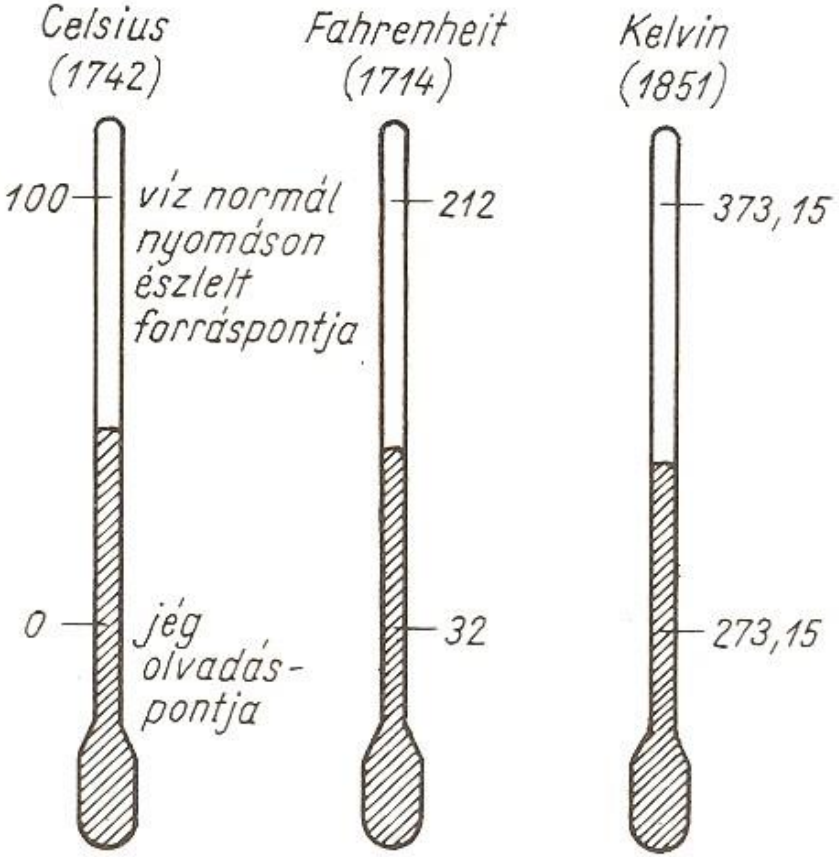
Hőanyag (kalorikum) elmélet: a hőtani folyamatok során ez a rugalmas folyadék (fluidum) áramlik egyik testről a másikra.
Megmaradó mennyiség, hasonlóan az elektromos fluidumhoz (sajnos a XVIII. században ezt az elméletet preferálták).

A hőtannak két alapvető fizikai mennyisége van, az egyik intenzitás, a másik pedig kvantitás jellegű (középkori eredetű ismeret).
Ezt a két mennyiséget ma hőmérsékletnek, illetve hőmennyiségnek nevezzük. Két test hőmérsékletének különbsége hőmennyiség áramlását okozza.
Hasonló kapcsolat van a fizika más területein is (nyomás – térfogat, potenciál – töltés)

A hőmérséklet mérése

Elsősorban a hőtágulás adja a mérés lehetőségét, az első hőmérők barotermoszkópok voltak.

A XVII. században felismerték a légnyomás (és ennek ingadozásai) hatását az eszközre → a hőmérőket le kell forrasztani.

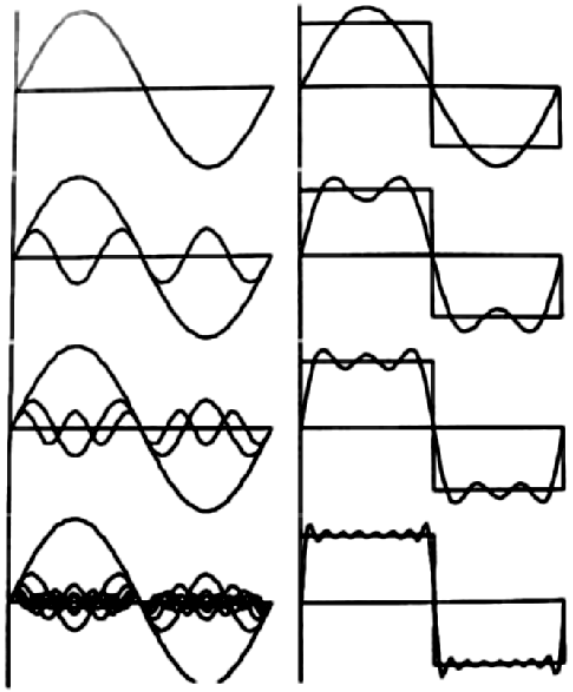


4.5—4 ábra
A fontosabb hőmérsékleti skálák jellemzői

A XVIII. században a hőtan legfontosabb törvényeit a kalorikum elmélet alapján fedezték fel.
Black (1728 -1799) hőegyensúly, fajhő, látens hő. Watt tanára.
Furier (1768 -1830) hővezetési egyenletek (főleg matematikai vizsgálatok, Furier-sorok)



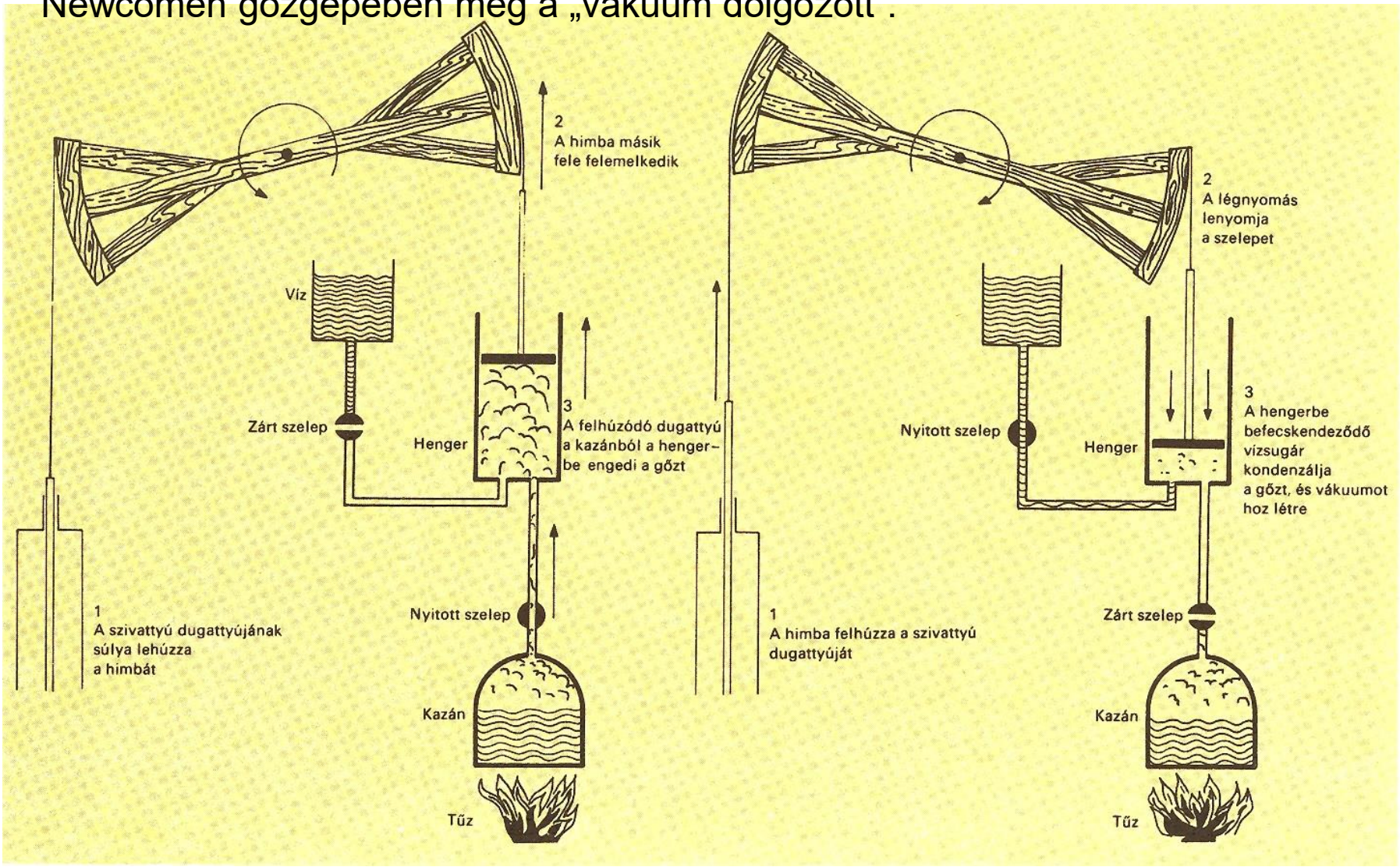
4.5—6 ábra
JOSEPH FOURIER (1768—1830) 1796-ban az École Politechnique professzora, 1816-ban a Francia Akadémia tagja. 1822-ben jelent meg a *Théorie analytique de la chaleur* című munkája, amely a Fourier-sorok elméletét is tartalmazza. Foglalkozott a mérési hibák elméletével is

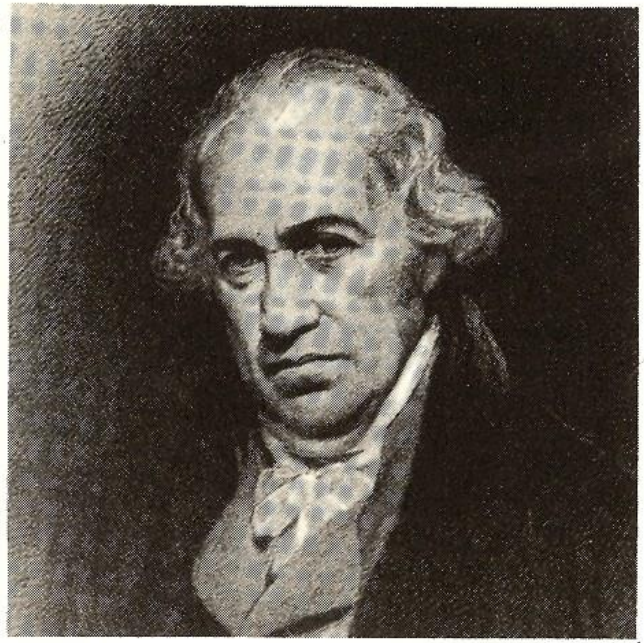


Négyszögjel előállítása többszörös frekvenciájú harmonikus függvényekből

A XVII.-XVIII. sz. fordulóján igen fontos találmány született meg: **a gőzgép**

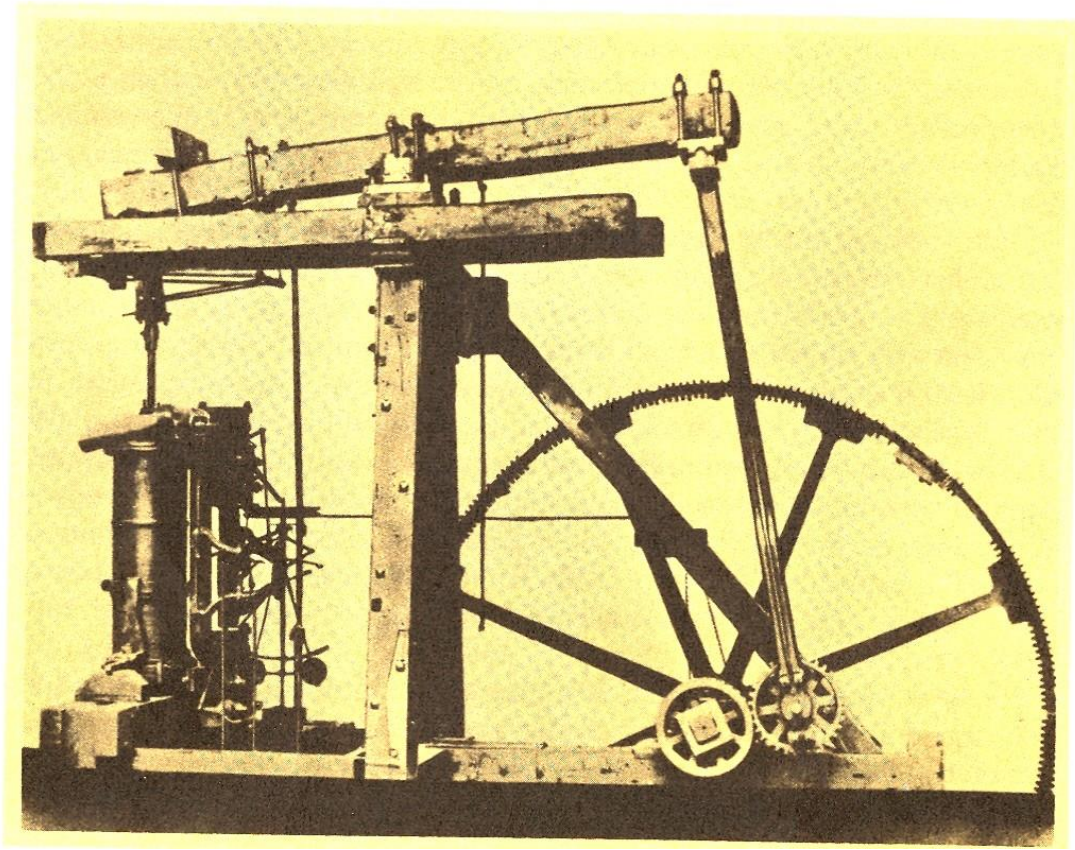
Newcomen gőzgépében még a „vákuum dolgozott”.



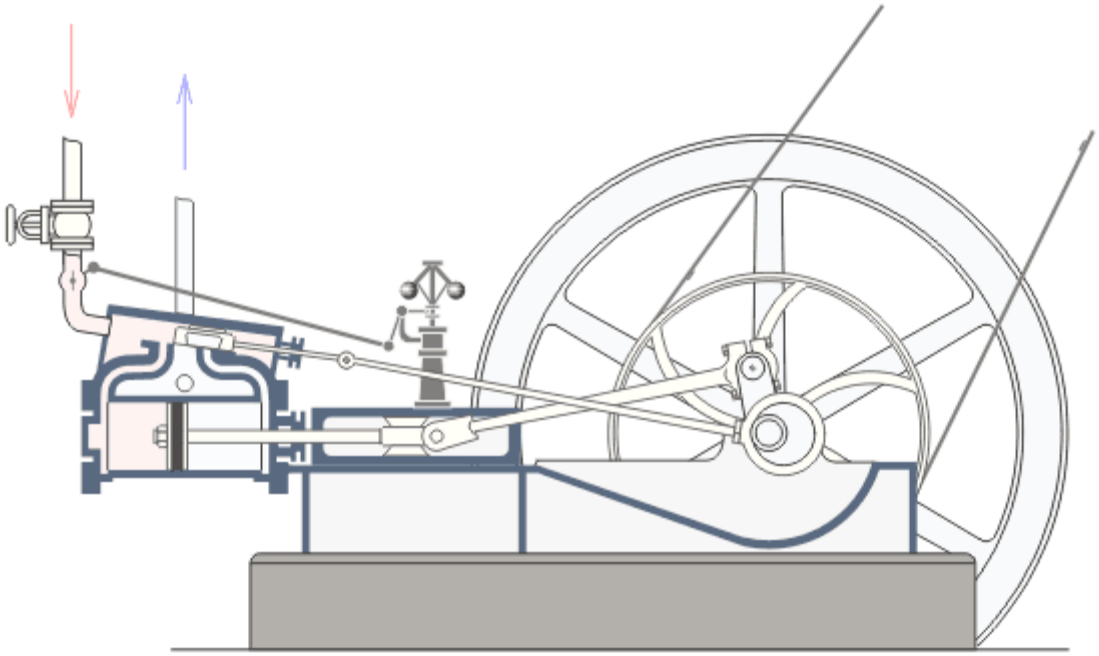


4.5—9 ábra
JAMES WATT (1736—1819) jólkereső ács fia. Elsősorban betegsége gátolta abban, hogy rendszeres iskolai képzésben vegyen részt. 1757-ben Glasgow-ban az egyetem keretébe tartozó mechanikai üzemet nyithatott. Ekkor szerezte meg műszerészi ügyessége mellé az elméleti ismereteket is és vált műszerészből tudóssá. 1763-ban kezdett egy az egyetem tulajdonában levő Newcomen-gép modelljének javításához. 1765: a kondenzációs gőzgép megszületik. A centrifugál-regulátor valamint a hengerben levő gőz nyomását regisztráló indikátor szintén *Watt* találmánya. *Watt* jelentősége kettős: a gőzgépnek ő adta mai alakját és ezzel azt a szerepet, amelyet az elkövetkezendő évszázadban az ipari forradalomban majd játszani fog; ugyanakkor felébresztette az igényt, hogy a hatásfok növelésének lehetőségét tudományos alapon vizsgálják. Ezzel a termodinamika alapjainak lerakásához adott ösztönzést

104. ábra: Boulton és Watt forgókerekes himbás gőzgépe



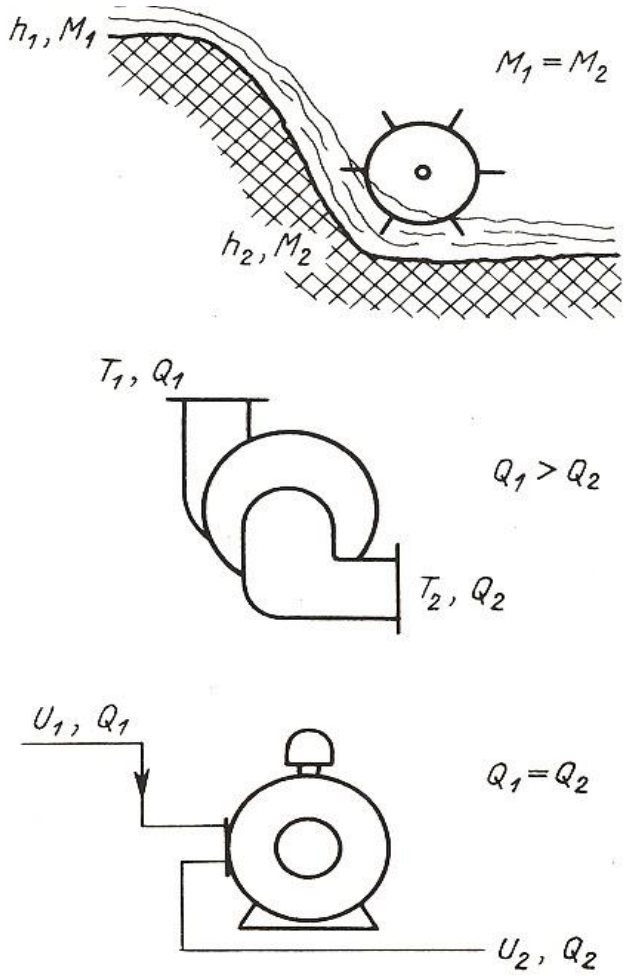
A gőzgép építők kérdése a tudósokhoz: mennyit lehet még javítani a gőzgép hatásfokán, van-e elvi korlátja?



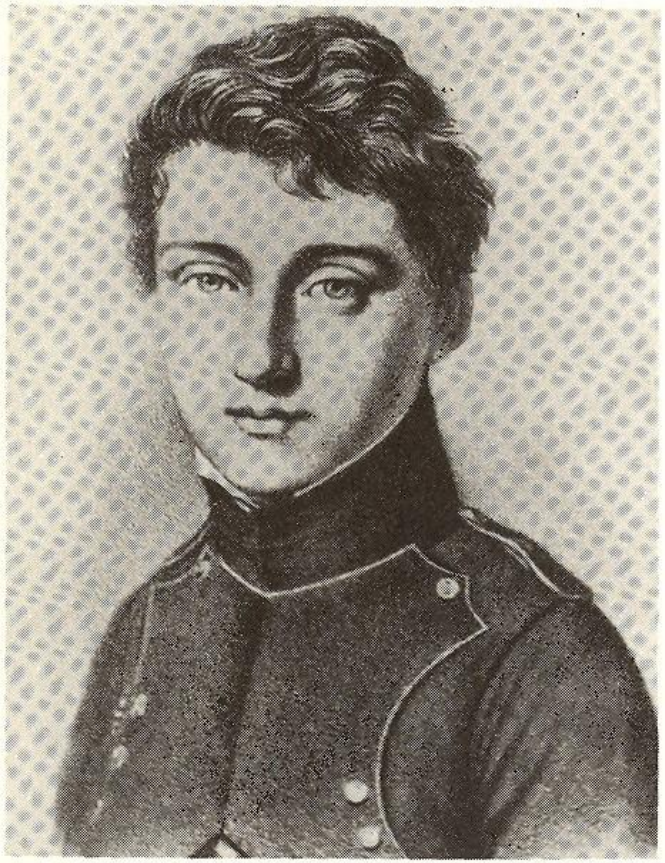
Carnot (1796-1832)
hőerőgépek hatásfoka.
Hibás gondolatmenettel jut el a mai is érvényes hatásfok képlethez:

$$\eta = \frac{W_{hasznos}}{Q_{felvett}} = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$$

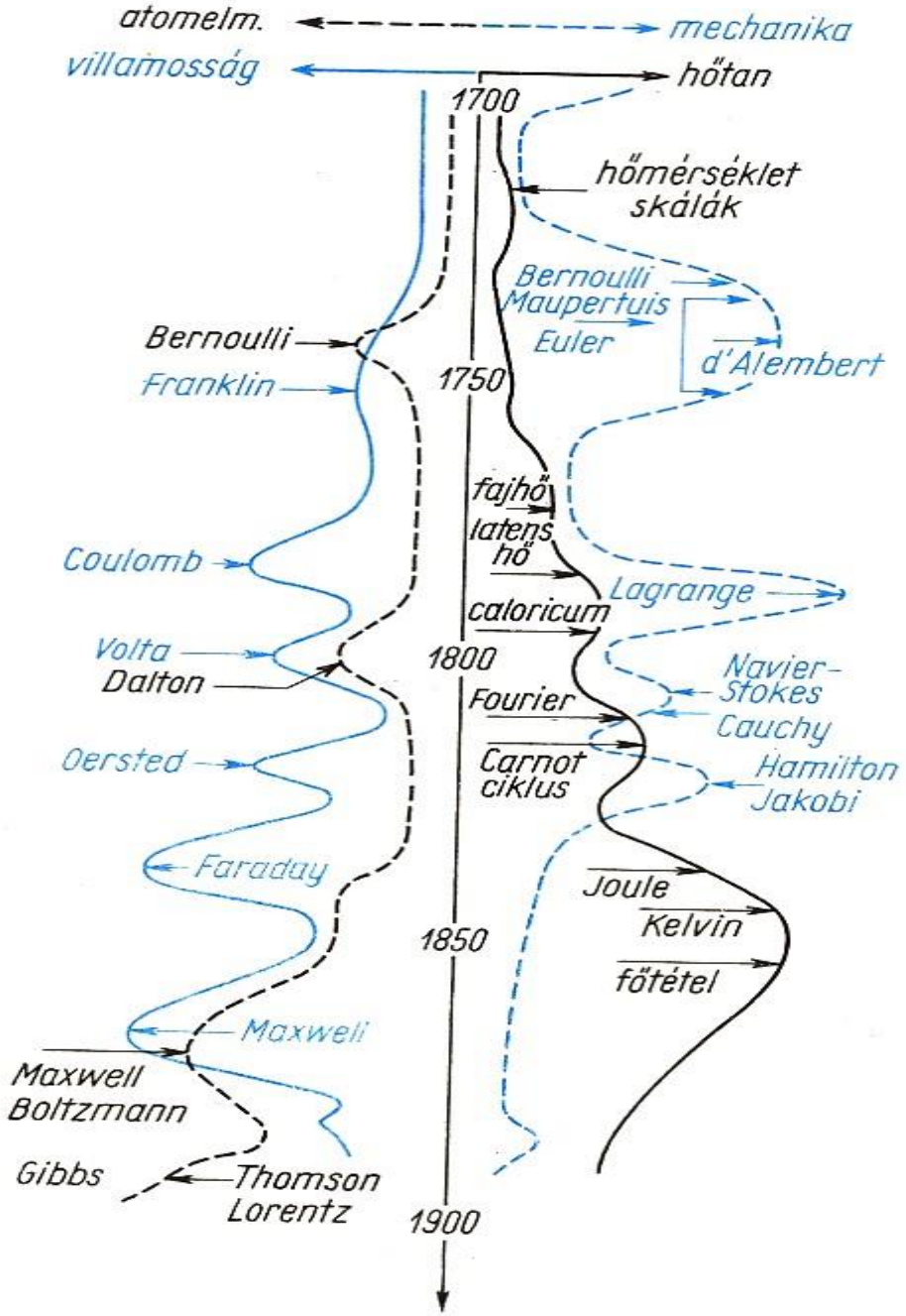
Ma már tudjuk, hogy ez csak egyetlen ideális körfolyamatra (ma Carnot-körfolyamatnak nevezzük) igaz,
más körfolyamatokra ez egy túl nem léphető elvi határ.



4.5—11 ábra
A munka létrejötte egy vízerőgépben, egy hőerőgépben és egy egyenáramú villamos motorban. A hatásfokra ugyan helyes eredményt kapunk, de az analógia a hőerőgép esetén teljesen hamis: a hő — miközben a magasabb szintről alacsonyabb szintre áramlik — mennyiségében is megváltozik



4.5—10 ábra
SADI NICOLAS LEONARD CARNOT (1796—1832) mérnökkari tiszt. 1821-ben a Bourbonok elől menekülve írja meg legnevezetesebb munkáját: *Réflexion sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance* (1824-ben Párizsban jelent meg). *Carnot* ebben a munkában még a hő anyag mivolta (caloricum) mellett áll ki, de halála előtt írt feljegyzéseiben már felismerte a kinetikus elmélet lehetőségét, sőt az energia megmaradás elvének csírái is felfedezhetők gondolataiban.



A kinetikus elmélet újra előtérbe kerül a XVIII. század végén.

Rumford gróf (1753-1814):
Benjamin Thompson



A Rumford-érem egyike a Royal Society
10 érmének. 1796-ban Benjamin Thompson
(Rumford grófja) létre hozta ezt a díjat
és mellé $5000-t.

Halmazállapot változás során az elnyelt hő nem növeli a test tömegét (kísérletileg bizonyítja 10^{-6} pontossággal) → a kalorikum súlytalan.
Az ágyúcsövek fúrásánál fellépő hőviszonyok tanulmányozása → mivel ilyenkor a hő korlátlanul elvezethető a rendszerből, ezért a kalorikum nem lehet megmaradó mennyiség.

Állás a XVIII. század végén

A hőszubsztancia elmélet 4:2 –re vezet

	hő-áramlás	sugárzás	rejtett hő	súrló-dási hő	kvantitatív tárgyalás lehetősége
hőszubsztancia	igen	igen	igen	nem	igen
kinetikus elmélet	igen	nem	nem	igen	nem

Melyik az a jelenség, amelyet nem tudott megmagyarázni a hőanyag elmélet?

a) a súrlódási hő
b) a hősugárzás
c) a latens hő
d) a hőáramlás

Az alábbiak közül ki volt a kinetikus hőelmélet feltétlen híve?

a) Furier
b) Carnot
c) Rumford gróf
d) Celsius

Válasszuk ki a hamis állítást!

a) A rugalmatlan ütközés során eltűnő mechanikai energia hővé alakul.
b) Zárt rendszer energiája állandó.
c) A hő az anyagot alkotó részecskék mozgási energiája.
d) A hő megmaradó mennyiség.

Az energiamegmaradás elvének felismerése: az energia a fizika általánosan megmaradó mennyisége, amely fennáll minden természeti folyamatra, így a hőtani és mechanikai jelenségeket is magába foglaló folyamatokra is.

A kidolgozói:



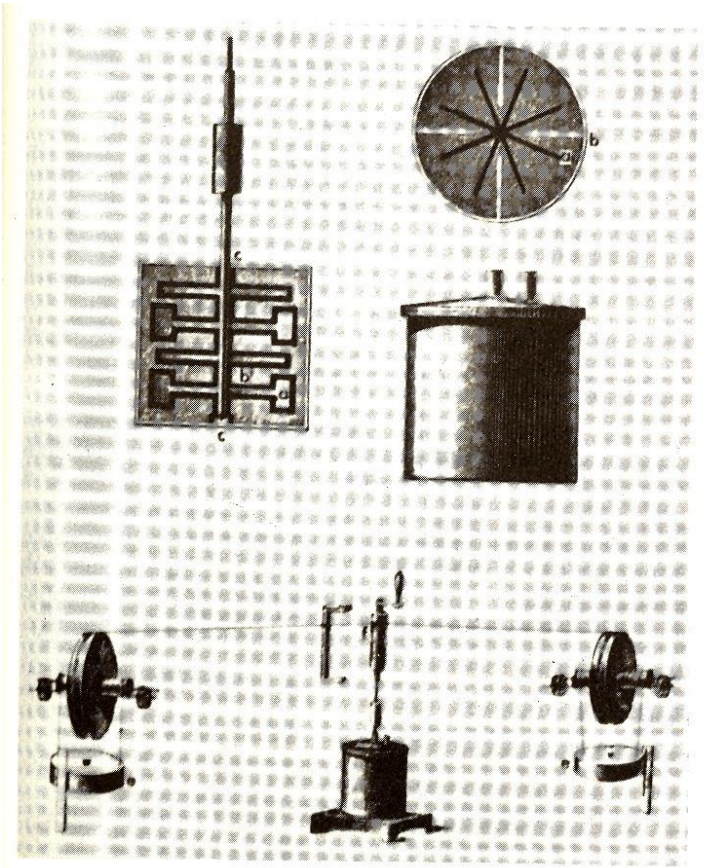
JULIUS ROBERT MAYER (1814–1878) mint hajóorvos működött 1840-ben és Surabaya (Jáva) városában a vér színének megfigyelése adta az ötletet az energiamegmaradás törvényének kimondásához. Cikkét 1841-ben az *Annalen der Physik* visszautasította, 1842-ben az *Annalen der Chemie* közölte *Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur* címmel. 1845-ben már részletesen és mai fizikus számára is meggyőzően vizsgálja a gázak kiterjedésekor végzett munka és hő viszonyát. 1848-ban már felvetette azt a gondolatot, hogy a Nap melegét a becsapódó meteorok kinetikus és gravitációs energiája szolgáltatja. Az energia törvény lassan átmegy a fizikus köztudatba, de a felfedezés *Joule* és *Helmholtz* nevéhez kapcsolódik. *Mayer* igen sokáig hasztalanul küzd az elismerésért. Idegbeteg lesz, 1850-ben öngyilkosságot kísérel meg. Végül *Tyndall* 1862-ben egy a Royal Institutionban tartott előadásában kijelenti, hogy az energiamegmaradás tételének felfedezésénél az első hely *Robert Mayert* illeti meg.



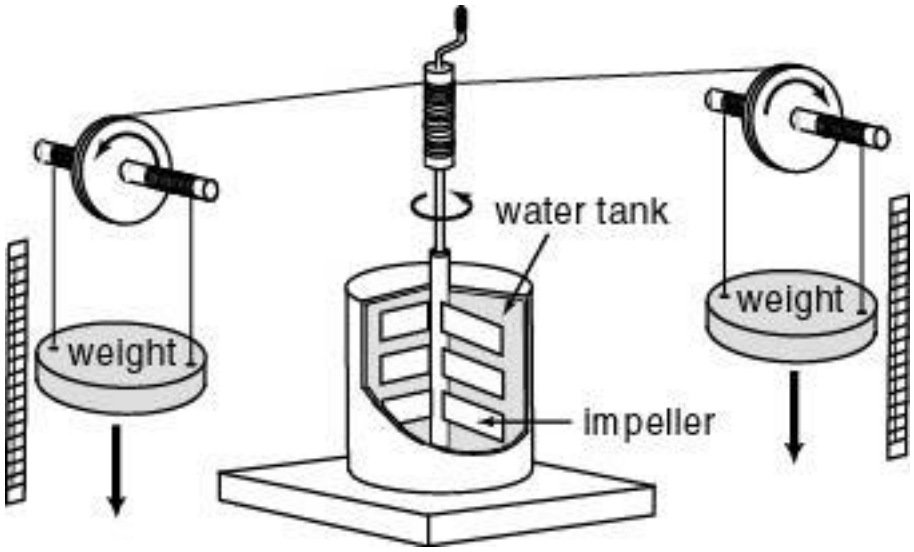
4.5—14 ábra
JAMES PRESCOTT JOULE (1818—1899) sörfőzdetulajdonos, talán az utolsó autodidakta, aki érdemben hozzájárult a tudomány fejlődéséhez. Erőssége fejlett méréstechnikájában rejlik. Tudományos tevékenységének elismerése: Manchesterben az irodalmi és filozófiai társaság elnöke lett. 1840-ben megállapítja az áram hőhatásának törvényszerűségeit, 1843-ban megméri a mechanikai munka hőekvivalensét. Az energiaátalakulásokra jellemző számértékeket különböző módszerekkel három évtizeden át vizsgálta. Ezek a vizsgálatok nagyban hozzájárultak az energia fogalom és az energia megmaradásának törvénye általános elfogadtatásához. Igen gyümölcsöző volt *Thomson*nal (a későbbi *Lord Kelvin*nel) 1847-ben kezdődő barátsága (Joule—Thomson-hatás)

Joule-törvénye:

$$W = UIt, \quad P = UI$$



A híres Joule-kísérlet

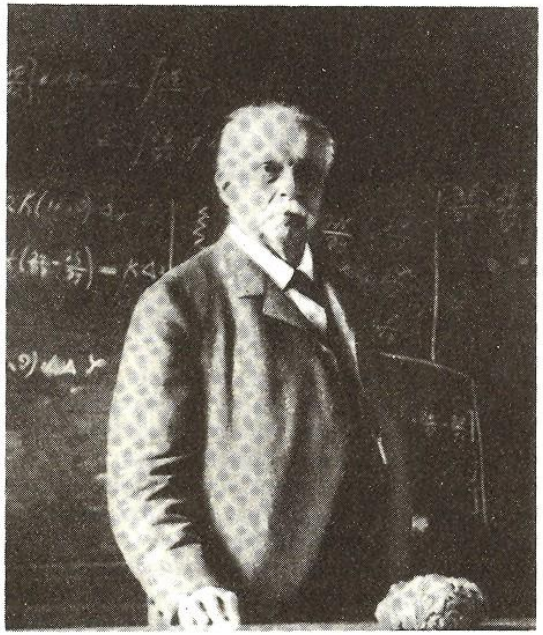


A hő mechanikai egyenértékének pontos megmérését lehetővé tévő eszköz.

1 cal = 420 J

A mechanikai munka teljes egészében hővé alakítható, de a hő csak részben mechanikai munkává.

Miért? (Ez a „miért” majd elvezet a 2. főtételhez)



4.5—15 ábra
HERMANN VON HELMHOLTZ (1821—1894) pályáját katonaorvosként kezdte. Első tudományos vizsgálatai a fiziológia területére esnek: 1850-ben megállapítja az ideginger haladási sebességét. 1871-től a berlini egyetem professzora. Munkássága a fizika csaknem minden területére kiterjedt. 1847-ben az energiamegmaradás tételét ő fogalmazza meg mai fizikai felfogásunkhoz legközelebbálló formában. 1859-ben a hidrodinamikában a róla elnevezett örvényelméletet alkotja meg. (Ehhez az örvényelmélethez csatlakozott *Thomson* vortex-atom elmélete). Bár az atomelméletnek nem volt híve, 1881-ben ő hangsúlyozta azt a tényt, hogy az anyag atomos szerkezetéből az elektromosság atomos szerkezete is következik. *Helmholtz* kimagasló szerepet játszott a XIX. század második felében a német felsőoktatás és tudományos élet szervezésében. A XX. század elejének német tudósgenerációja közül sokan őt tekintették szellemi atyjuknak.

A termodinamika első főtétele differenciális és integrális alakban (ahogy ma tanítjuk):

$$dE = \delta Q + \delta W \ , \quad \Delta E = Q + W$$

Egy termodinamikai rendszer belső energiája a környezettől felvett hőmennyiség és a környezet által végzett munka összegével változik.

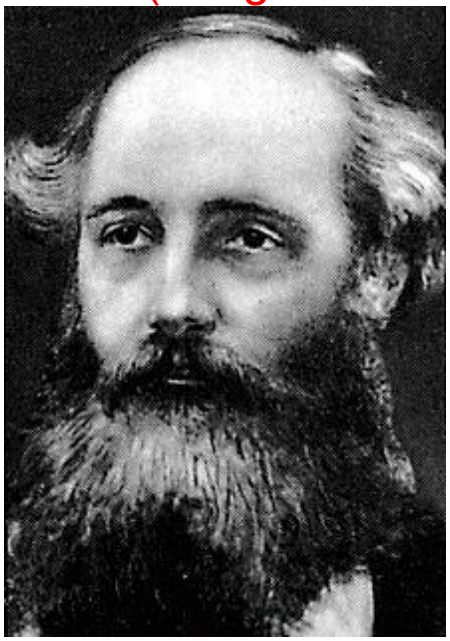
A rendszer és a környezet energiájának összege állandó.

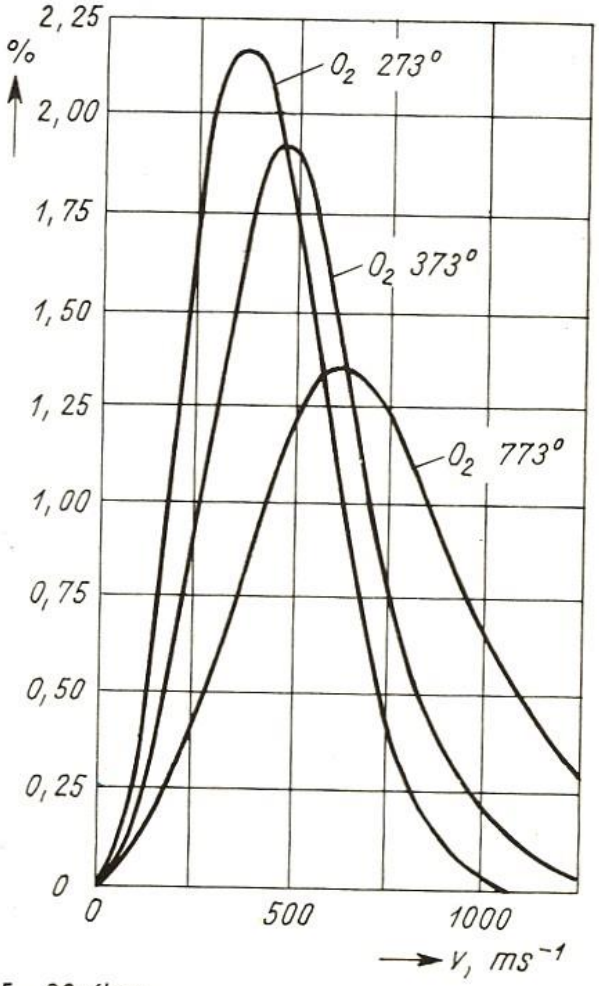
Zárt rendszer energiája állandó.

A kinetikus elmélet teljes győzelme (~ 1870)

Az energiamegmaradás elvének felismerése nyilvánvalóvá tette a hőanyag (kalorikum) elmélet tarthatatlanságát.

A kinetikus (gáz)elmélet végső kidolgozói: Clausius, **Maxwell** (a régi ismerős), Boltzmann





4.5 – 20 ábra
A Maxwell-féle sebességeloszlás-függvény

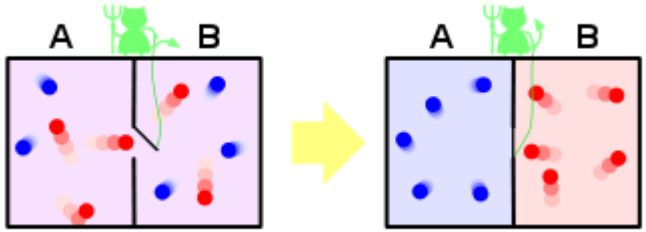
A kinetikus gázelmélet

Klasszikus gázelmélet, amely szerint a gázok nagyszámú egyforma részecskékből állnak, melyek rugalmasan ütköznek, és a newtoni mechanika törvényei szerint viselkednek.

A mechanikai törvények alkalmazásával kapott eredmények átlagolásával meghatározhatók az adott gáz makroszkopikus termodinamikai tulajdonságai és a gázrészecskék mozgása közötti kapcsolat.

Ekvipartició tétele: a gázrészecskének minden szabadsági fokára átlagosan azonos energia jut. Különböző anyagok molhője tehát azért különbözik, mert különbözik a részecskék szabadsági foka.

$$c_v = \frac{f}{2} R \qquad \kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{f+2}{f}$$



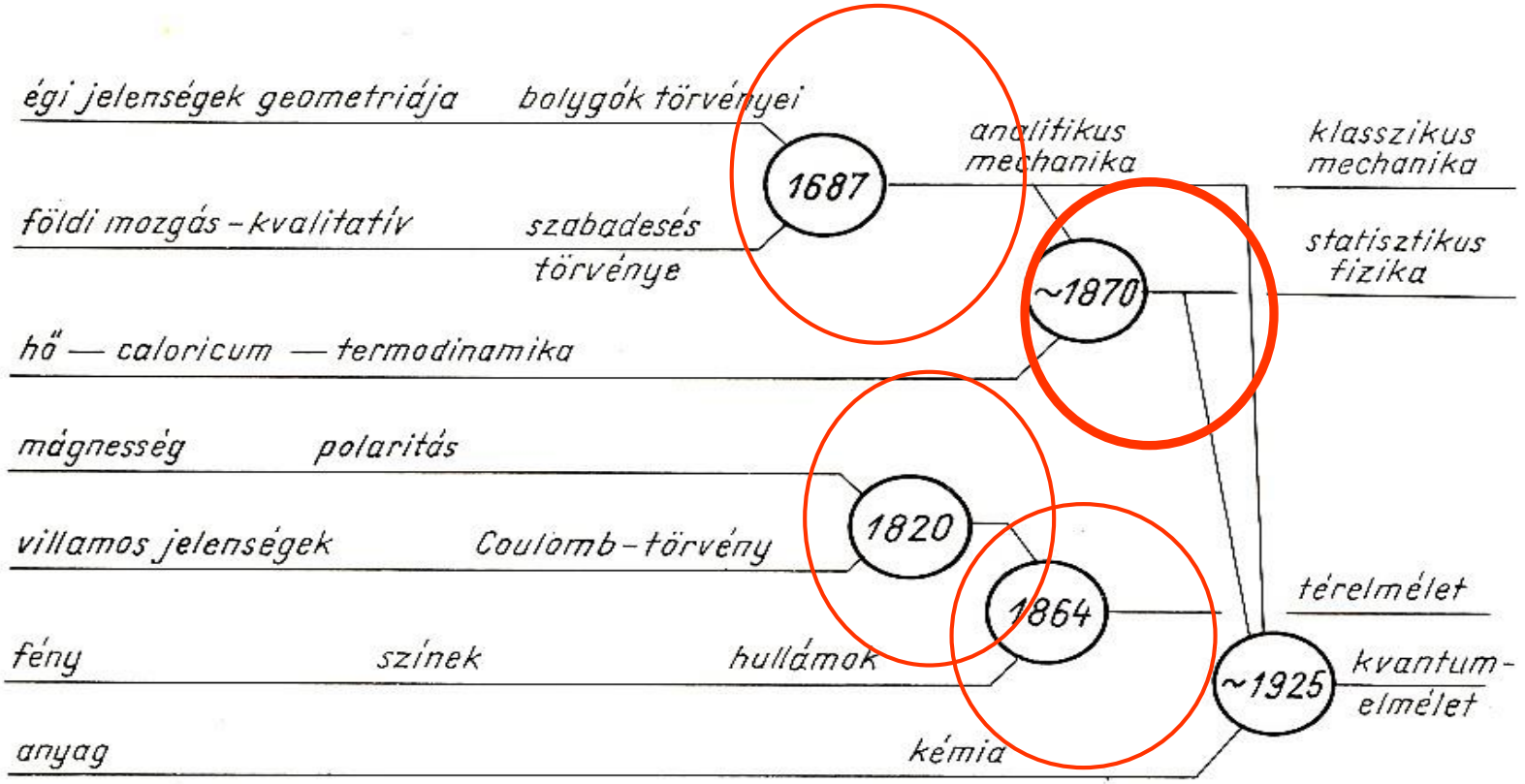
A Maxwell-démon

Mit mond ki a hőtan I. főtétele?

a) a hőmérséklet különbségek mindig kiegyenlítődni igyekszenek
b) a belső energia a környezettől felvett hőmennyiség és a környezet által végzett munka összegével változik
c) a hőenergia nem alakítható át teljes egészében mechanikai munkává
d) a gázrészecskék minden szabadsági fokára átlagosan azonos energia jut

Kik voltak az energiamegmaradás törvényének legfontosabb kidolgozói?

a) Watt és Carnot
b) Maxwell és Boltzmann
c) Mayer és Joule
d) Laplace és Gauss



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

A két utolsó egyesítés Maxwell műve!!!

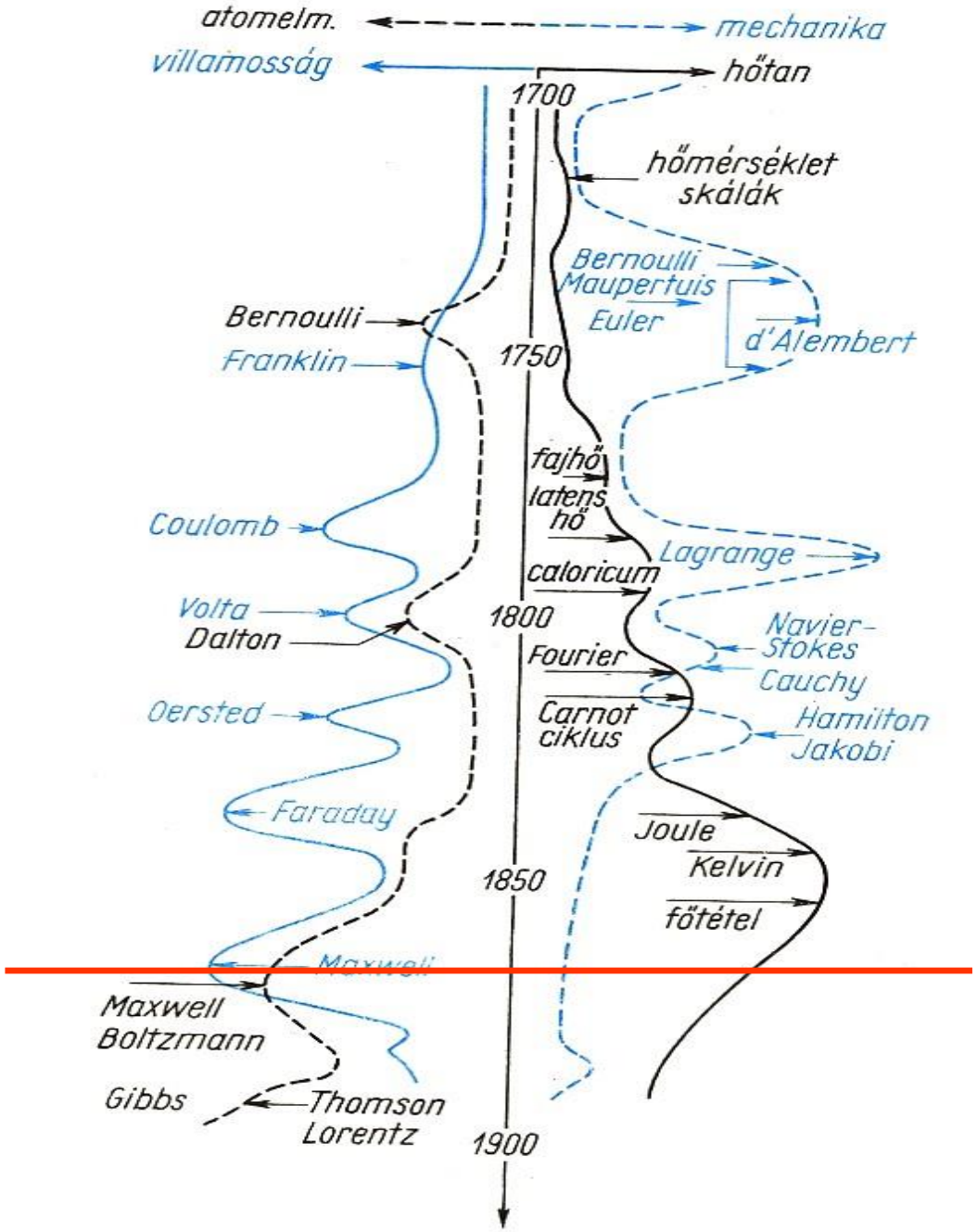
A fizika helyzete 1870 körül

1. Győzött a fény elektromágneses hullám elmélete.

Döntő lépések: az elektrodinamika Maxwell-egyenleteinek felírása,
és az abból elméletileg származtatható elektromágneses hullám.
Az elektromágneses hullámok kísérleti kimutatása,
a rádióhullámok fényhez hasonlatos viselkedése.

2. Győzött a hőtan kinetikus elmélete a hőanyag (kalorikum) elmélet fölött.

Döntő lépések: az energiamegmaradás törvényének felismerése,
a hő mechanikai egyenértékének megmérése,
a kinetikus gázelmélet sikerei.


atomelm.
mechanika
villamosság
hőtan
1700
hőmérséklet skálák
Bernoulli
Maupertuis
Euler
d'Alembert
Bernoulli
Franklin
1750
fajhő
latens hő
Coulomb
caloricum
Lagrange
Volta
Dalton
1800
Navier-Stokes
Fourier
Cauchy
Oersted
Carnot ciklus
Hamilton
Jakobi
Faraday
Joule
Kelvin
főtétel
1850
Maxwell
Maxwell
Boltzmann
Gibbs
Thomson
Lorentz
1900

Amiről eddig még nem beszéltünk: **a hőtan II. főtétele**

Emlék: a hőtan I. főtétele

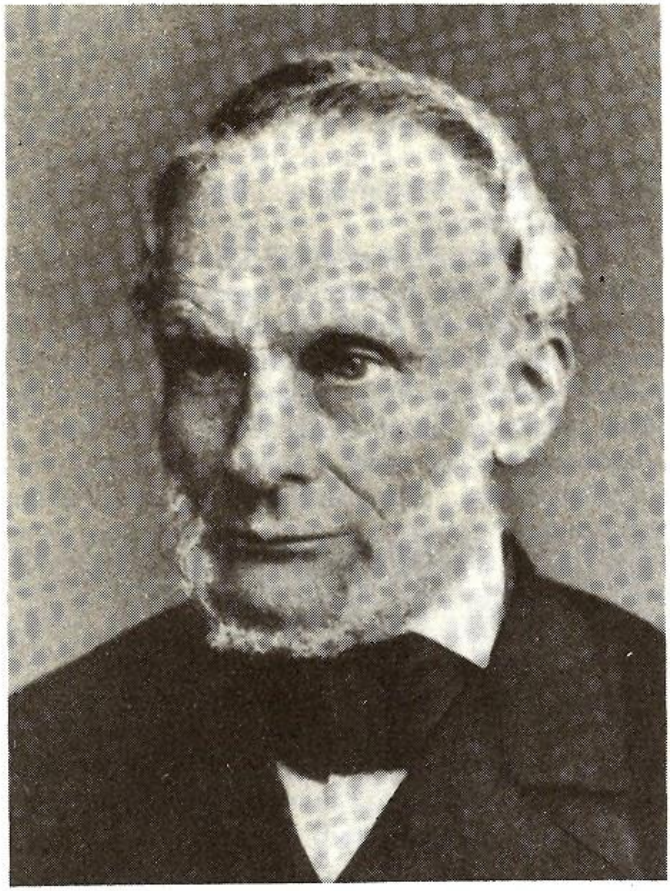
Egy termodinamikai rendszer belső energiája a környezettől felvett hőmennyiség és a környezet által végzett munka összegével változik.

$$dE = \delta Q + \delta W \ , \quad \Delta E = Q + W$$

A rendszer és a környezet energiájának összege állandó.

Elsőfajú perpetuum mobile nem létezik (nincs olyan gép, amely megsértené az energia megmaradásának tételét).

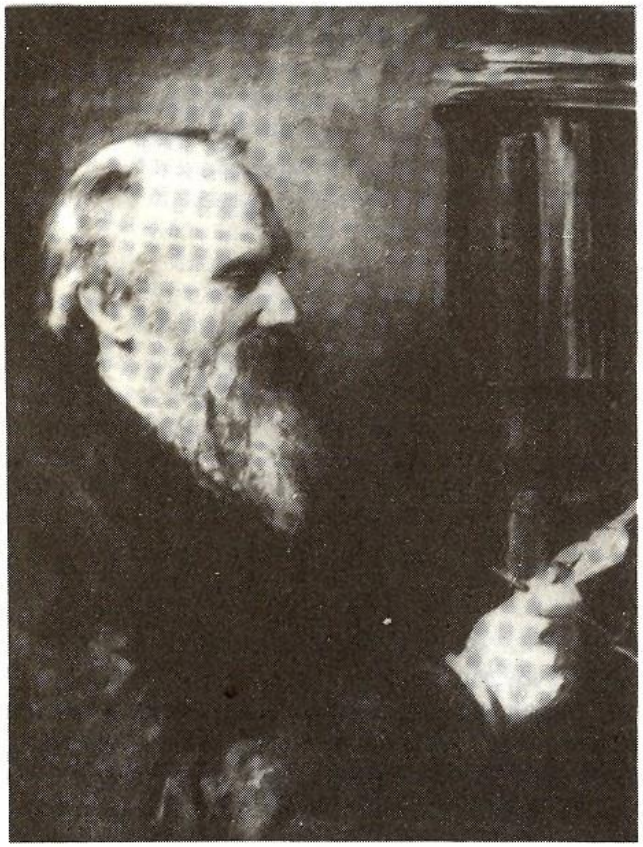
DE: az energetikailag lehetséges folyamatok közül nem valósul meg mindegyik. A folyamatok többsége például visszafelé nem megy magától.
A II. főtétel ebben a kérdésben ad útmutatást.



4.5—17 ábra
RUDOLF CLAUSIUS (1822—1888) a berlini egyetemen tanult, majd különböző német egyetemeken, valamint a Zürichi Műszaki Egyetemen tanított. 1865-ben fogalmazta meg a termodinamika második főtételét az entrópia-fogalom bevezetésével. Jelentősek a kinetikus gázelmélet terén végzett, 1857-ben megkezdett vizsgálatai is

A hőtan II. főtételének Clausius-féle megfogalmazása:

Hő önként csak melegebb helyről hidegebbe megy át, azaz a természetben a hőmérséklet különbségek kiegyenlítődni igyekszenek.



4.5—18 ábra
WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN 1824—1907) 1846-tól nyugalomba vonulásáig a glasgow-i egyetem tanára volt. Nevét elsősorban hőtani vizsgálatai őrizték meg. (Joule—Thomson-hatás, abszolút hőmérsékleti skála bevezetése 1848-ban); de az elektromos rezgőkör frekvenciáját megadó $\omega = 1/\sqrt{LC}$ formula, valamint a Thomson-kábel is róla van elnevezve (1853). Termodinamikai vizsgálatait 1851-ben megjelent *On the dynamical theory of heat* című művében foglalta össze

A hőtan II. főtételének Thomson-féle megfogalmazása:

Nincs a természetben olyan folyamat, melynek összes hatása csupán az volna, hogy egy hőtartály hőt veszítsen és helyette vele egyenértékű munka keletkezzék
(nincs olyan periodikusan működő gép, amely egyetlen hőtartály lehűlése árán munkát végezne).

A második főtétel csak az entrópia segítségével írható fel matematikai alakban (az entrópia a hőtan egyik legfontosabb extenzív mennyisége, bár a diákok nem szokták szeretni).

Az entrópia fogalma:
Reverzibilis körfolyamatokban az elemi redukált hők összege nulla.

$$\sum \frac{\delta Q}{T} = 0$$

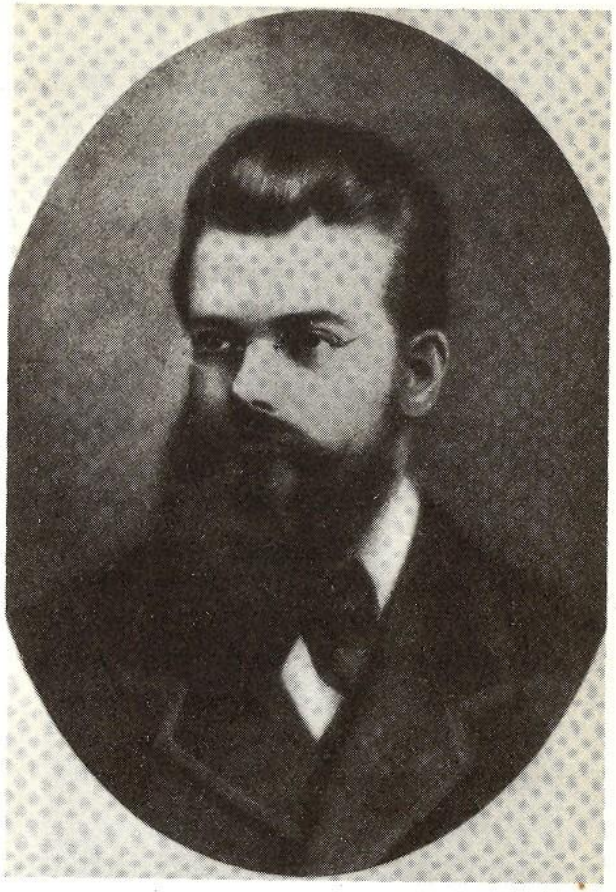
Ezekben a folyamatokban tehát az elemi redukált hővel egyenlő entrópia változás nulla, azaz az entrópia megmaradó mennyiség.

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Az entrópia jelentése a fenomenológikus elméletben bonyolultnak tűnik, statisztikus jelentése viszont jól megérthető:

$$S = k \cdot \ln w$$

ahol *w* az adott makroállapotot megvalósító mikroeloszlások száma



4.5—19 ábra
LUDWIG BOLTZMANN (1844—1906) Bécsben tanult, *J. Stefan* asszisztense volt. Először Grazban, majd Bécsben, illetőleg Münchenben és Lipcsében tanított elméleti fizikát. Kiváló kísérletező is volt: ő igazolta a Maxwell-féle elektromágneses fényelmélet által megkövetelt $n^2 = \varepsilon_r \mu_r$ kapcsolatot kén esetére. Fő eredményei: az entrópia és a termodinamikai valószínűség kapcsolata, a Maxwell—Boltzmann-eloszlásfüggvény és a feketesugárzásra vonatkozó Stefan—Boltzmann-törvény elméleti megalapozása.

A hőtan II. főtételének egzakt megfogalmazása:

$$dS \geq 0$$

Termikusan zárt rendszerben csak olyan folyamatok játszódhatnak le, amelyekben a rendszer entrópiája vagy növekszik, vagy állandó marad.

A második főtétel statisztikus jelentése: egy rendszer azért közeledik a termodinamikai egyensúlyi állapot (tökéletesen egyenletes energiaeloszlás) felé, mert az egyensúly egy anyagi rendszer mindenképpen legvalószínűbb állapota.


S = k. log W
LVDWIG
BOLTZMANN
1844 – 1906
HENRIETTE
BOLTZMANN
GEB. EDLE von AIGENTLER
1854 – 1938
DR PHIL. PAULA
BOLTZMANN
GEB. CHIARI
1891 – 1977
ARTHUR
BOLTZMANN
DIPL. ING. DR PHIL. HOFRAT
1881 – 1952
LVDWIG
BOLTZMANN
1923 – 1943
ZTER MÄNNLICHER NACHKOMME.
GEFALLEN BEI SMOLENSK

Melyik állítás nem a hőtan II. főtételét fejezi ki?

a) a hőmérséklet különbségek mindig kiegyenlítődni igyekszenek
b) a belső energia a környezettől felvett hőmennyiség és a környezet által végzett munka összegével változik
c) a hőenergia nem alakítható át teljes egészében mechanikai munkává
d) zárt rendszer entrópiája csak növekedhet

Melyik fizikus neve nem kapcsolható a hőtan II. főtételéhez?

a) Clausius
b) Watt
c) Kelvin
d) Boltzmann