

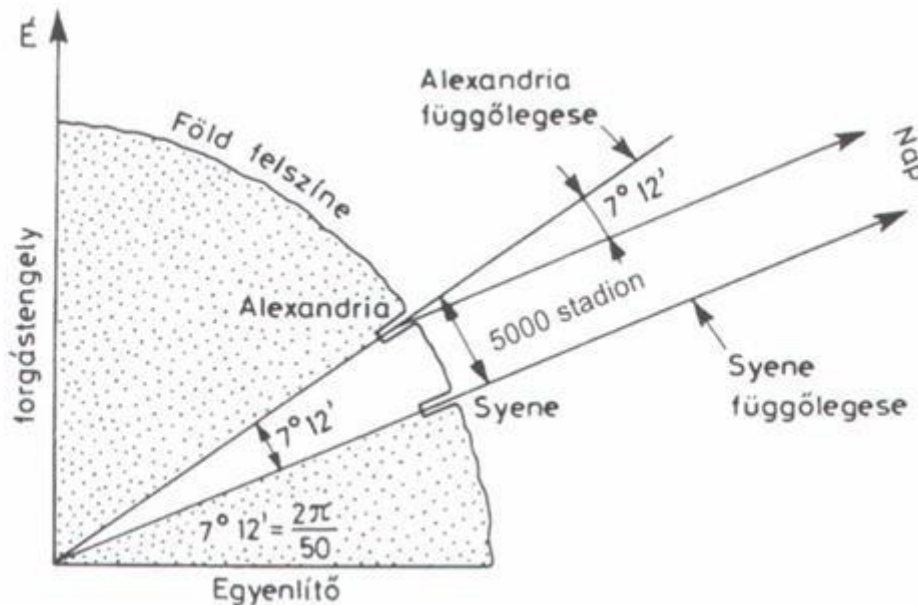
# HÍRES KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK, TAPASZTALATOK A FIZIKATÖRTÉNETBEN

## Tartalom

Eratosztenész mérése.....	2
Galilei ejtési kísérlete, lejtős mérései .....	3
Newton almája.....	4
A munka és hő egyenértéke.....	5
Galvani és Volta vitája .....	6
Oersted kísérlete .....	7
Fénysebesség mérése 1.....	8
Fénysebesség mérése 2.....	9
Michelson és Morley interferencia kísérlete .....	10
Foucault-inga.....	11
Coulomb mérése.....	12
Eötvös-inga.....	13
Rutherford szórási kísérlete.....	14
Millikan kísérlet .....	15

## Eratoszthenész mérése

Kürénéi **Eratoszthenész** ( $\approx$  ie.230) elvileg helyes módszert talált a Föld kerületének számítására. Amikor a majdnem pontosan a Ráktérítőn fekvő Szüéné (ma Asszuán) városában a nyári napforduló idején délben a Nap nem vet árnyékot – a Nílus legmélyebb vízállásmutató kútjának fenekét is eléri a sugara – ugyanebben az időben Alexandriában egy pózna árnyékát megmérve a napsugarak beesési szögét  $7,2$  foknak találta.



A Földet gömb alakúnak tételezve aránypárt állított fel a távolságok és a szögek alapján:  
a két város távolsága / Föld kerülete = mért szög /  $360^\circ$

Eratoszthenész az utazók elbeszélései alapján 5000 sztadionra becsülte a két város távolságát.

Ezek alapján Föld kerülete:  $5000 \cdot 360 / 7,2 = 250\,000$  sztadion

Sztadionnak nevezett hossz mértékből több is volt, nagy valószínűséggel az utazási távolságok megadására használt 157 méteres egyiptomi sztadionban számolt, eredménye 39 250 km, ami a ténylegesnél mindössze 2 %-kal kevesebb. Ebből az eredményből kiindulva képes volt meghatározni a Hold méretét, valamint a Föld és a Hold távolságát is.

*forrás:*

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Eratoszthen%C3%A9sz\\_Pentatlosz](https://hu.wikipedia.org/wiki/Eratoszthen%C3%A9sz_Pentatlosz)

[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_519\\_42294\\_1/ch04.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_42294_1/ch04.html)

## Galilei ejtési kísérlete, lejtős mérései

**Galileo Galilei**ről rengeteg történet kering. Ezek közül talán a leghíresebb a pisai leejtett különböző tömegű testeké — állítólag ezzel bizonyította, hogy a szabadesés sebessége független a testek tömegétől (kizárva a légellenállást). Ez ellentétes volt Arisztotelész azon tanával, hogy a nehezebb testek gyorsabban, a könnyebbek lassabban esnek (egyenes arányban tömegükkel). A torony története először Galilei egyik tanítványa által írt életrajzban tűnt fel, ami erősen megkérdőjelezi hitelét, de mára teljesen elfogadottá vált. valószínűleg csak legenda. Az viszont bizonyos, hogy Galilei kísérletezett lejtőn leguruló golyókkal, amivel azt tudta bizonyítani: a leguruló golyók tömegüktől függetlenül gyorsulnak. Erre a célra 12 rőf hosszú lécet egyik oldalán keskeny csatornával látott el és a lécet ferde helyzetben akként állította fel, hogy egyik vége egy rőffel magasabban állott, mint a másik vége. A csatornát pergamennel bélelte ki és sárgarézgolyót gurított a lejtőn. A leirt út meghatározása céljából a lejtő mértékkel volt ellátva. Pontos óra hiányában a lefolyt időt, egy edényből kifolyt víz mennyiségével mérte. Minthogy a lejtőn leguruló golyónak 12-szer hosszabb időt kellett tennie, hogy ugyanazt a végsebességet érje el, mint ha szabadon esett volna a lejtő magasságáról, azért mozgása 12-szer lassabban történt s így könnyebben és pontosabban volt észlelhető. Felírt egy precíz törvényt: a gyorsulás teljes útja, nyugalomból indulva, az idő négyzetével arányos. Ebből extrapolációval kapta az eredményt a szabadesésre.

*forrás:*

<https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/g-A5BD/galilei-fele-lejto-A6D5/>

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Galilei#Fizika](https://hu.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei#Fizika)

## Newton almája

"A gravitáció gondolatát egy alma esése idézte elő, amikor ő elmélkedve ült" - írta egyik életrajzírója, William Stukeley.

A legenda szerint **Sir Isaac Newton** a kertjében üldögélt azon töprengve, vajon mi tarja a Holdat a Föld körüli pályán, amikor egy alma hullott le a fáról. A fizikus erre azon kezdett gondolkodni, miért mindig lefelé esik a gyümölcs, sohasem felfelé, vagy oldalra. Úgy gondolta, kell lennie egy erőnek, ami lefelé húzza az almát. Ez az erő vajon elér a Holdig is? Ekkor döbrent rá, hogy ugyanaz az erő húzza az almát a föld felé, mint ami a Holdat is a pályáján tartja. Mindez 1666-ban történt. Hosszú ideig nem tudta számításokkal igazolni hipotézisét, mert a számítás eredménye nem egyezett az elmélettel. Ennek az volt az oka, hogy ekkoriban még nem ismerték pontosan a Föld sugarának hosszát, illetve a Föld-Hold távolságot. Húsz évvel később a Londoni Tudományos Társaság ülésén Newton részt vett egy előadáson, amelyből megtudta, hogy egy francia asztronómus és földmérő, Jean-Félix Picard megmérte a Föld sugarát. Ennek ismeretében Newton már számításokkal is alá tudta támasztani, illetve képes volt bizonyítani elmélete helyességét, az égitestek közti tömegvonzásról.

A számolás alapja, hogy a földi  $g$  értéke 3600-szorosa a Hold körpálya miatti centripetális gyorsulásának, miközben a Hold távolsága 60-szoros a Föld sugarának. Azaz a gravitációs kölcsönhatásból származó gyorsulás, azaz az erőhatás nagysága a távolság négyzetével fordított arányban csökken.

A híres almafa - amely a Kent virága nevet viseli - a mai napig ott áll a lincolnshire-i Woolsthorpe-by Colseworth -ban, Newton szülővárosában, a híres tudós egykori lakhelyén, Woolsthorpe Manor-ban. Mintegy 400 éve verhetett gyökeret. 1820-ban kidöntötte egy vihar, ám a gyökérszeme nem sérült, így a fa újra kihajtott. Azóta is évről évre kivirágzik és még termést is hoz.

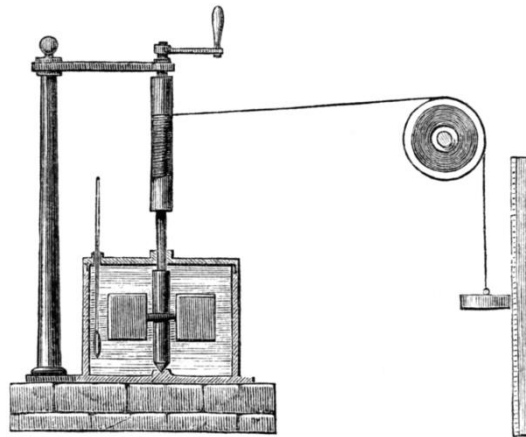
*forrás:*

[http://www.ma.hu/tudomany/300319/Lehullott\\_egy\\_alma\\_es\\_Newton\\_felfedezte\\_a\\_gravitaciot](http://www.ma.hu/tudomany/300319/Lehullott_egy_alma_es_Newton_felfedezte_a_gravitaciot)

## A munka és hő egyenértéke

**Julius Robert von Mayer** és **James Prescott Joule** egymástól függetlenül meghatározták azt az átszámítási tényezőt, amely megadja, hogy mennyi hőmennyiség mennyi energiának felel meg és fordítva. A kísérlet segítségével végre kvantitatívan (mennyiségileg) is összekapcsolódott a fizika két ága, a mechanika és a hőtan.

Joule 1845-ben vett egy hengeres tartályt, melybe 1 fontnyi (kb. fél liter) víz fért, a tartály közepén pedig függőleges tengelyre erősítve lapátkerekek voltak. A tengelyre tárcsát rögzített, melyre kötelet csévéltek, a kötélet végére (egy csigán túl) pedig nehezéket akasztott. Ahogy a nehézségi erő húzta lefelé a nehezéket, a lapátok forgásba jöttek, és erősen kavarták a vizet. A nehezék lényegében állandó sebességgel süllyedt, haladt lefelé. Amennyi energiát a nehezék kapott a nehézségi erő munkavégzése révén, pont annyit el is vett tőle a kötélerő munkavégzése. Viszont a kötélet túlsó végén a lapátkerék megkavarta a vizet, ezzel a lapátkerék folyamatosan átadta a mozgási energiáját a víznek, azaz szétszórta a vízmolekulák között. Ennek eredményeképp megállapította:  $1 \text{ kalória} = 4,186 \text{ joule}$ , ahol 1 kalória az 1 gramm tömegű víz 1 Celsius-fokkal történő felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség.



*forrás:*

<https://www.netfizika.hu/a-ho-es-a-mechanikai-munkavegzes-kapcsolata-joule-lapatkeres-kiserlete>

[https://hu.wikipedia.org/wiki/H%C5%91\\_mechanikai\\_egyen%C3%A9rt%C3%A9ke](https://hu.wikipedia.org/wiki/H%C5%91_mechanikai_egyen%C3%A9rt%C3%A9ke)

## Galvani és Volta vitája

**Luigi Galvani** orvoslással foglalkozott. 1780-ban békák boncolása közben figyelt fel arra, hogy a békacombok megrándulnak, ha két különböző, egymással érintkező fémrel érintette a gerincvelőt és a combizomzatot. Az állati elektromosság létével magyarázta a jelenséget. Az ellentétesen feltöltött izmok és idegek közötti kisülésként értelmezte a mozgást.

**Alessandro Volta** 1792-ben ismerte fel, hogy a kétféle fém fontos, de a továbbiakban nem a békának, hanem a béka testében lévő nedvességnek van szerepe. Ez vezetett el a Volta-oszlop megépítéséhez, ami a ma használatos elemeknek is az alapja. Galvani iránti tiszteletből a jelenséget galvanizmusnak nevezzük Volta javaslatára.

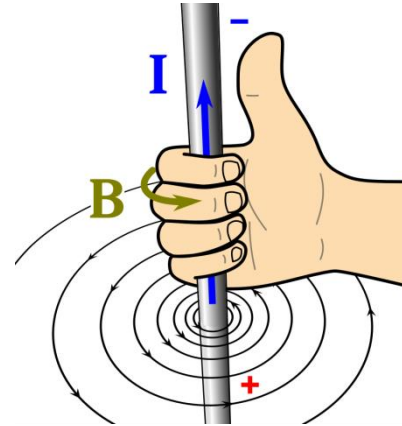
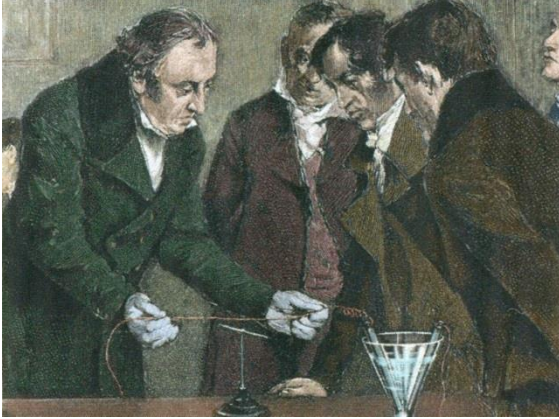


*forrás:*

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Volta-elem#/media/F%C3%A1jl:Pila\\_di\\_Volta.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/Volta-elem#/media/F%C3%A1jl:Pila_di_Volta.jpg)

## Oersted kísérlete

1820-ban **Hans Christian Ørsted** áramvezetőket vizsgált hőhatás szempontjából. A vezeték közelében lévő mágnesű elfordulását észlelve alaposabban megvizsgálta a jelenséget, amit később Ampère tanulmányozott részletesen. A következtetés az volt, hogy áramvezető körében mágneses tér jön létre, melynek iránya a vezetőre merőleges.



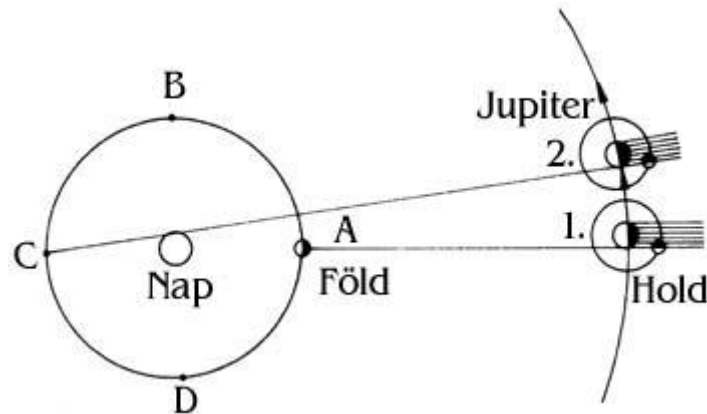
*képek forrása:*

<https://www.meteorologiaenred.com/hu/oersted-k%C3%ADs%C3%A9rlet.html>

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Oersted-k%C3%ADs%C3%A9rlet>

## Fénysebesség mérése 1.

**Ole Christensen Rømer** (Olaf Römer) a fénysebességet a Jupiter egyik holdja, az Io mozgása alapján határozta meg 1676-ban. Eltéréseket figyelt meg az Io periódusidejében, és az eltérésekből határozta meg a fénysebességet, amit ő 227 000 km/s-nak mért (a valóságban közel 300 000 km/s).



A jupiterhold valóságos keringési idejét (42 óra 28,6 perc) a Földről csak akkor lehet észlelni, ha a Föld, a Nap és a Jupiter egy vonalban vannak (A, vagy C helyzet), mert ilyenkor a Föld és a Jupiter egymástól mért távolsága egy keringési idő alatt állandónak tekinthető. Ha azonban a Föld a Jupitertől távolodik, a jupiterholdnak az árnyékkúpban való két egymást követő eltűnése között eltelt időt a Földről a valóságos keringési időnél azért találjuk hosszabbnak, mert ez alatt az idő alatt a Föld távolodik, és a másodszori eltűnés pillanatában kibocsátott fénynek már hosszabb utat kell megtennie a megfigyelőhöz. (Hasonlóan ha a Föld a Jupiterhez közeledik, akkor a másodszori eltűnés pillanatában kibocsátott fénynek rövidebb utat kell megtennie.)

*forrás:*

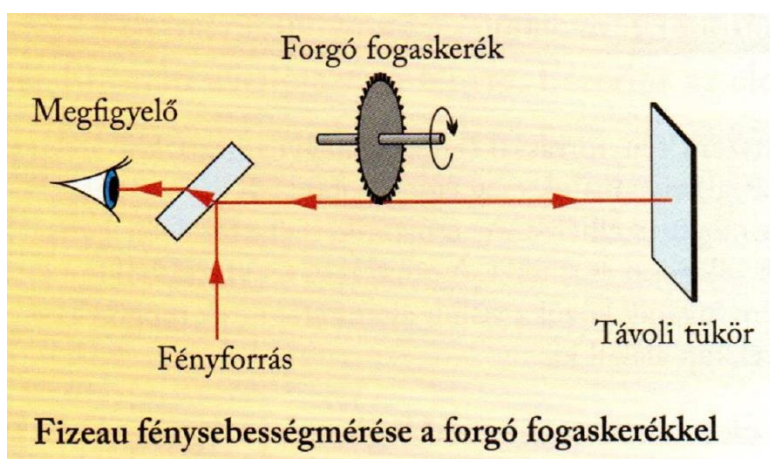
[https://hu.wikipedia.org/wiki/Ole\\_R%C3%B8mer](https://hu.wikipedia.org/wiki/Ole_R%C3%B8mer)

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-11-efolyam/a-geometriai-optika-alapfogalmai/a-feny-terjedesi-sebessege>



## Fénysebesség mérése 2

**Armand Hippolyte Louis Fizeau** francia fizikus 1849-ben kidolgozott eljárása a fény sebességének megmérése. A berendezés lényegi eleme két fogaskerék volt, amiket úgy szereltek egy hosszú tengely két végére, hogy a tengellyel párhuzamos fénysugarak útjában az egyik kerék fogai pontosan kitakarják a másik fogközeit és viszont. A két fogaskerék között a fénysugár útját jelentősen meghosszabbították úgy, hogy azt tükörrel egy távoli pontban elhelyezett másik tükörre térítették ki, és a visszaverődő fénysugarat egy harmadik tükörrel állították vissza eredeti pályájára. Fizeau abban bízott, hogy a kerekeket sikerül elég gyorsan forgatnia ahhoz, hogy amíg a fénysugár ezt a hosszú utat oda-vissza megteszi, a tengely éppen egy fogköznyit forduljon. Ebben az esetben a fénysugár az első kerék fogközén átjutott fénysugár akadálytalanul haladhat át a másikon is. Ezt másodpercenként több száz fordulatszámmal sikerült is elérnie, és a fény sebességét levegőben mintegy 4,5 % hibával, 313 274 km/s-nak határozta meg.



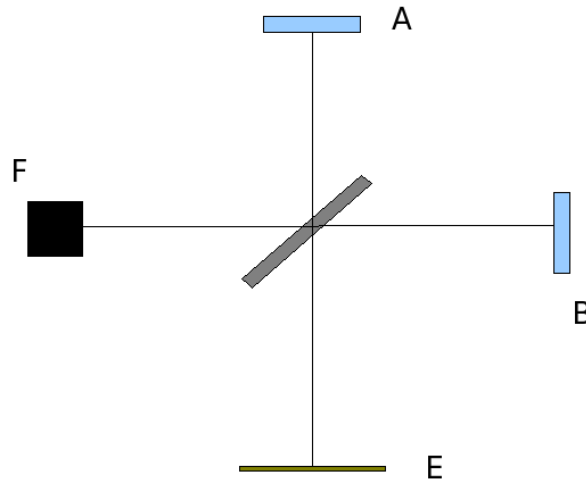
*forrás:*

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Fizeau-m%C3%B3dszer>

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Hippolyte\\_Fizeau](https://hu.wikipedia.org/wiki/Hippolyte_Fizeau)

## Michelson és Morley interferencia kísérlete

A kísérlet célja az volt, hogy megmérjék a Földnek az éterhez viszonyított sebességét. Az éter az akkor feltételezett abszolút tér neve. Az 1887-ben zajlott kísérletet **Albert Michelson** és **Edward Morley** végezte. A kísérlet elvi alapja az a feltételezés volt, hogy az éterbeli fénysebesség és a Föld sebessége megfelelően összegződve a szétválasztott és a különböző irányokból visszaérkező fény interferenciaképét befolyásolja.



Az interferométer két tükörből (A és B), valamint egy nyalábosztóból áll, melyet a tükrök közé állítanak úgy, hogy a rá kibocsátott fénynyaláb egyik felét a mögötte elhelyezett tükörré engedje, másik felét visszaverje a másik oldalon elhelyezett tükörré. A nyalábosztó hátoldalán így két párhuzamos fénysugár lép ki, majd a tükrökről visszaverődve egymással interferálnak. Az interferométer forgatásával eltérést nem tapasztaltak az interferenciaképben. Azaz a Föld sebességére 0 adódott, a fény sebességére a sebességösszegzés Galilei elve érvénytelennek bizonyult. Ez a tapasztalat lett Einstein speciális relativitáselméletének egyik alapja.

*forrás:*

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Michelson%E2%80%93Morley-k%C3%ADs%C3%A9rlet> :

## Foucault-inga

**Jean Bernard Léon Foucault** egy 2 méter és egy 11 méter hosszú ingákkal végzett előzetes kísérletek után 1851-ben Párizsban a Pantheonban egy 67 méter hosszú, 28 kilogramm tömegű ingával nyilvánosan szemléltette a Föld forgását. A szerkezet valójában egy hosszú inga, amely bármely függőleges síkban szabadon lenghet. Az inga felfüggesztésének súrlódása olyan kicsi, hogy az inga hosszú időn keresztül képes lengeni.

A Foucault-inga lengési síkjának elfordulása Földhöz rögzített forgó vonatkoztatási rendszerben (forgó Földön) fellépő egyik tehetetlenségi erővel, a Coriolis-erővel magyarázható.

A Foucault-inga mozgását inerciarendszerekből vizsgálva a jelenség magyarázata lényegesen egyszerűbb: nem az inga lengési síkja változik meg, hanem a Föld fordul el a lengő inga alatt.



*forrás:*

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Foucault-inga>

<https://www.magasinluciole.com/details-en+centre+ville+de+marseille+chez+luciole+magasin+japonais+le+mini+pendule+de+foucault+createur+de+mandalas-28.html>

## Coulomb mérése

**Charles Augustin Coulomb** 1777-ben az általa feltalált torziós mérleggel vizsgálta két pontszerűnek tekinthető elektromosan töltött test kölcsönhatását. A mérés a paraméterekkel való arányosság vizsgálatát célozta, így a töltöttség konkrét mértékére nem volt szükség. A töltés felezését azonos semleges testtel való érintéssel érte el. Mérésnek eredménye a Coulomb-törvény.

A torziós mérleg több későbbi mérés eszközeül is szolgált (Cavendish, magnetométer, Eötvös inga). A torziós mérleg egy igen finom torziós szálra függesztett rúdból áll, amelynek végein (súlyzószerűen) két tömeg helyezkedik el. Az erre ható forgatónyomaték hatására a rúd elfordul, a szál elcsavarodik, és az elcsavarodás mértékéből lehet kiszámítani a forgatónyomatékot, illetve a ható erőket. A rúd elfordulását nagyon érzékenyen lehet detektálni úgy, hogy a rúdra egy tükröt erősítenek, amely a ráeső fénysugarat az elfordulástól függően más szögben veri vissza. A torziós mérleg általában igen kis erőkülönbségek mérésére szolgál. Előnye, hogy ki lehet küszöbölni a csapágyazást és a velejáró súrlódást, ha például az elektromos mérőműszer forgótekercsét torziós szálra függesztjük. Ezáltal javul a mérőműszer pontossága és érzékenysége is.



*forrás:*

<https://agytoro.hu/talalmany/coulomb-torzios-merlege/>

## Eötvös-inga

**Eötvös Loránd** a tömegvonzás tanulmányozására a Coulomb-inga egy módosított változatát használta. Az Eötvös-inga Cavendish Coulomb-ingájától annyiban különbözik, hogy az egyik tömeget egy szálon lelógatva a Föld nehézségi erejének térbeli komponensei, igen kis térbeli változásainak mérése vált mérhetővé. Eötvös eredeti ingája az 1900. évi Párizsi Világkiállításon aranyérmert nyert.

A műszer elve egyszerű, ha a két felfüggesztett tömegre ható erő nem teljesen egyenlő, egymástól nagyságban vagy irányban eltér, akkor a rúd a vízszintes síkban elfordul, és a felfüggesztő platinaszál megcsavarodik. A megcsavart drót rugalmassága a rudat eredeti helyzetébe igyekszik visszafordítani. A rúd tehát ott áll meg, ahol az egymással szemben működő két erő forgatónyomatéka egymással egyenlő.

Eötvös először torziós ingáját terepi mérésre 1891-ben a Ságon használta, melynek emlékét egy emlékmű őrzi. Eötvös műszerét fokozatosan fejlesztette; kis keresztmetszetű szálak használatával (ún. "balatoni inga" 1898-ból), majd a kettős ingával (ún. "kettős nagy eszköz", 1902-ből) lényegesen megnövelte a torziós mérleg érzékenységét, ezzel a mérések pontosságát. Ingája évtizedeken át a kőolaj- és földgázkutatók egyik alapeszköze volt. Eötvös a torziós mérleggel mutatta ki igen nagy,  $1/200000000$  pontossággal a tehetetlen és a súlyos tömeg anyagi minőségtől független arányosságát. A nemzetközi szakirodalom ma is mint Eötvös-kísérletre hivatkozik. Ez az eredmény az általános relativitáselmélet egyik alapfeltevése.



*forrás:*

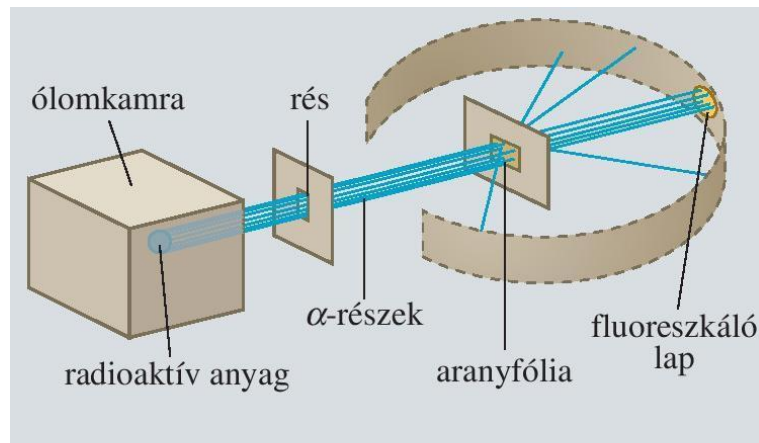
[https://hu.wikipedia.org/wiki/Torzi%C3%B3s\\_m%C3%A9rleg](https://hu.wikipedia.org/wiki/Torzi%C3%B3s_m%C3%A9rleg)

[http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/EotvInga\\_.htm](http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/EotvInga_.htm)

[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033\\_SCORM\\_MFGFT6001T/sco\\_01\\_03.scorpom](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFGFT6001T/sco_01_03.scorpom)

## Rutherford szórási kísérlete

1911-ben **Ernest Rutherford** alfarészecskékkel bombázott vékony aranyfűstlemez. A részecskék áthaladását kívánta vizsgálni azzal a céllal, hogy az anyag belső szerkezetéről további információkat szerezzen. A részecskék ernyőn való becsapódásának helyét az általuk okozott felvillanások vizuális megfigyelésével azonosították. Az akkor érvényes Thomson-féle atommodellhez képest meglepő eredményre jutottak. A részecskék nagy része szinte akadálytalanul haladt át az anyagon. Egy kis részük azonban eltérést szenvedett. Egy valóban kicsi hányadul viszont a forrás mögé tett ernyőn csapódott be. *„Határozottan ez volt a leghihetlenebb eredmény, amellyel életemben találkoztam. Majdnem olyan hihetetlen volt, mintha valaki egy 15 hüvelykes gránáttal egy selyempapír-darabkára tüzelne, és az visszatérve őt magát találná el.” /Rutherford/*



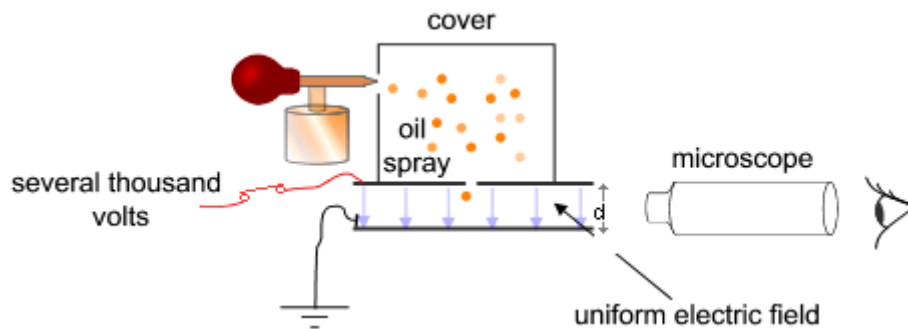
Rutherford szórási kísérletének elvi vázlatja

a kép forrása:

[www.mozaweb.hu](http://www.mozaweb.hu)

## Millikan kísérlet

**Robert Andrews Millikan** 1910-ben jelentette meg olajcsepp-kísérletének eredményeit. A cseppek elektromos töltésének mérésével az elektron töltését, azaz az elemi töltés értékét határozta meg. A kísérletben elektromos tér és gravitáció hatásának kitett olajcseppek mozgását vizsgálta. A fellépő erőhatások (gravitációs, elektromos, felhajtó- és Stokes-féle erő) figyelembevételével az egyensúlyban lévő folyadékcsepp mérete és töltése meghatározható.



Az olajcseppek mindegyikének töltése egy legkisebb érték -  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C - egész számú többszörösének adódott.

*a kép forrása:*

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Olajcseppk%C3%ADs%C3%A9rlet>