

EOTVOS  
1848 175 2023

Az inga, a törvény, az effektus,  
a csúcs és a hágó  
Eötvös Loránd sokszínű hagyatéka



Dr. Horváth András  
Dr. Dömötör Piroska  
SZE GIVK Fizika és Kémia Tanszék



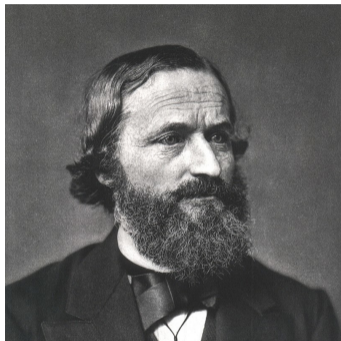
Magyar Tudomány Ünnepe, 2023. november 3.

## Főbb életrajzi adatok

- **Báró vásárosnaményi Eötvös Loránd Ágoston**
- Édesapja: Eötvös József, édesanyja: Rosty Ágnes
- Született: **1848. július 27, Budán**
- Érettségi: 1865.
- Egyetem: 1867–1870, Heidelberg (jogi kitérő után)
- Oktató, kutató: 1871– a pesti egyetemen
- Akadémikus: 1873 (levelező), 1883 (rendes), 1889–1905 (elnök)
- vallási és közoktatásügyi miniszter: 1894–95:
- A Magyar Turista Egyesült elnöke
- ...
- **Meghalt: 1919. április 8, Budapesten**



## Egyetemi évek



Gustav Robert Kirchhoff

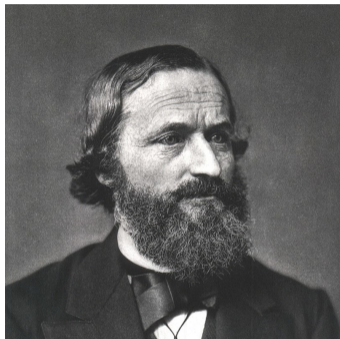


Hermann Ludwig von Helmholtz



Robert Wilhelm Bunsen

## Egyetemi évek



Gustav Robert Kirchhoff



Hermann Ludwig von Helmholtz



Robert Wilhelm Bunsen

---

Tanulmányait meg akarta szakítani egy sarkvidéki expedíció miatt.  
Szülei lebeszéltek róla. Eötvös Loránd később hálás volt ezért.

## Az oktatás-szervező

- Oktató, intézetigazgató, laborfejlesztő, ...
- 1878: Jedlik Ányostól veszi át a tanszékvezetést az egyetemen
- 1891: Matematikai és Fizikai Társulat és Matematikai és Fizikai Lapok alapítása
- 1894: első matematikai és fizikai tanulmányi verseny szervezése

Jelentős a szerepe abban, hogy az előző századfordulón világszínvonalú volt a magyar fizika oktatás.

(Ekkor tanultak itt középiskolában a későbbi “marskalók”...)

## A családapa

Harmonikus, szerető családban nőtt fel.

**Saját család:**

Felség: **Horvát Gizella** (1853–1919)

Gyermekek:

- **Jolán** (1877–1879)
- **Rolanda** (1878–1952)
- **Ilona** (1880–1945)

Rolanda és Ilona hegyászó-társai lettek, első budapesti biciklisek közt voltak, ...



Forrás: ELTE Egyetemi Könyvtár és Levéltár

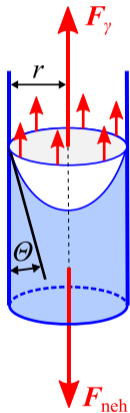
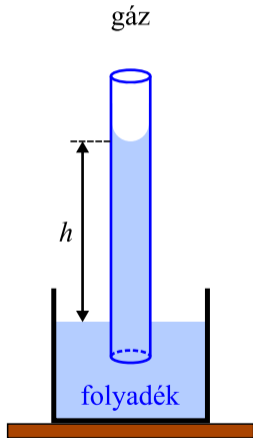
## Alapok

Vékony csövekben (kapillárisokban):

- a nedvesítő folyadékok a hidrosztatikai egyensúlynál magasabbra kúsznak
- a nem nedvesítők mélyebbre merülnek

Háttér: a folyadék molekulák vonzása

Fontos: növényi nedvek keringése, vízcseppek alakja, mosószerek mechanizmusa, ...



## Alapok

Vékony csövekben (kapillárisokban):

- a nedvesítő folyadékok a hidrosztatikai egyensúlynál magasabbra kúsznak
- a nem nedvesítők mélyebbre merülnek

Háttér: a folyadék molekulák vonzása

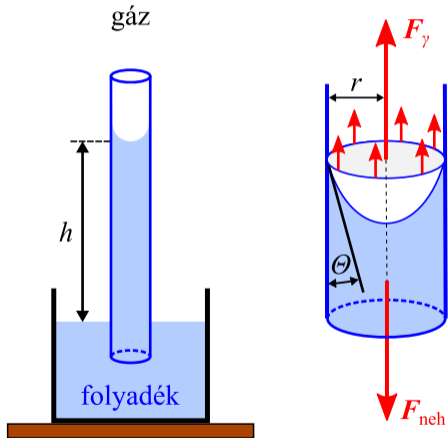
Fontos: növényi nedvek keringése, vízcseppek alakja, mosószerek mechanizmusa, ...

Jellemző:  $\gamma$

–  $d$  hosszú szakaszon:  $F = \gamma d$  erő

–  $A$ -val növelni a területet:  $W = \gamma A$  munka

Mérése: kapilláris emelkedésből



$$\gamma = \frac{r \rho g h}{2 \cos \Theta}$$



# A felületi feszültség mérése

## Nehézségek:

- kicsi erőket kell mérni
- nehéz az illeszkedési szöget pontosan mérni
- szennyezőanyagok befolyásolják
- hőmérséklet is befolyásolja

# A felületi feszültség mérése

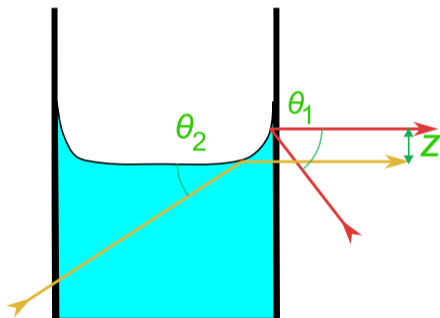
## Nehézségek:

- kicsi erőket kell mérni
- nehéz az illeszkedési szöget pontosan mérni
- szennyezőanyagok befolyásolják
- hőmérséklet is befolyásolja

**Eötvös Loránd módszere:** fénysugarak segítségével mérni a felszín alakját.

$\Theta_1$ ,  $\Theta_2$ ,  $z$  mérésével a felszín alakja pontosan mérhető.

Mérés leforrasztott csövekben:  
szennyezés-mentesség.



## Az Eötvös-törvény

Több éves mérésorozat után:

A felületi feszültség hőmérsékletfüggése:

$$\gamma V_m^{2/3} = k(T_c - T),$$

ahol  $V_m$  egy mólnyi folyadék térfogata,  $T_c$  a folyadék kritikus hőmérséklete

$$k = 2,1 \cdot 10^{-7} \frac{\text{J}}{\text{K mol}^{2/3}}$$

az Eötvös-féle állandó.

## Az Eötvös-törvény

Több éves mérésorozat után:

A felületi feszültség hőmérsékletfüggése:

$$\gamma V_m^{2/3} = k(T_c - T),$$

ahol  $V_m$  egy mólnyi folyadék térfogata,  $T_c$  a folyadék kritikus hőmérséklete

$$k = 2,1 \cdot 10^{-7} \frac{\text{J}}{\text{K mol}^{2/3}}$$

az Eötvös-féle állandó.

---

Számtalan alkalmazás, ahol fontos a nedvesítés, cseppképződés, stb.

## Történeti háttér

### 19. századi fizika: **Hatalmas sikerek**

- a newtoni mechanika ismételt megerősítései (Lagrange, Hamilton, ...)
- elektromosság- és mágnesességtan (Maxwell, Hertz, ...)
- optika (Fresnel, ...)
- termodinamika (Carnot, Boltzmann, ...)

⇒ **Elbizakodottság: Mindent értünk a fizikában, csak pontosítások szükségesek.**

## Történeti háttér

### 19. századi fizika: **Hatalmas sikerek**

- a newtoni mechanika ismételt megerősítései (Lagrange, Hamilton, ...)
- elektromosság- és mágnesességtan (Maxwell, Hertz, ...)
- optika (Fresnel, ...)
- termodinamika (Carnot, Boltzmann, ...)

⇒ **Elbizakodottság: Mindent értünk a fizikában, csak pontosítások szükségesek.**

---

Sokan a meglevő törvények, állandók pontosítására törekedtek.

Eötvös:

- felületi feszültség törvény: fontos, de nem vezet új elmélethez
- gravitációs mérések: fontos pontosítások, de **alapvetően új elméletek megszületését segítették**

## A súlyos és a tehetetlen tömeg egyenértékűsége

**Súlyos tömeg:** ami azt méri, mennyire hat egy testre a gravitáció.

$$\underline{F} = -m_s \cdot \gamma \frac{M}{r^2} \frac{r}{r}$$



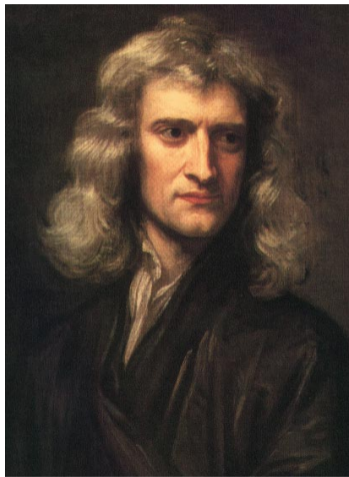
**Tehetetlen tömeg:** a gyorsítással szembeni ellenállást írja le.

$$\underline{F} = m_t \cdot \underline{a}$$

Forrás: Wikipedia



## A súlyos és a tehetetlen tömeg egyenértékűsége



Newton:  $m_s = m_t$ . Megjegyzi, hogy ennek okát nem tudja megadni.

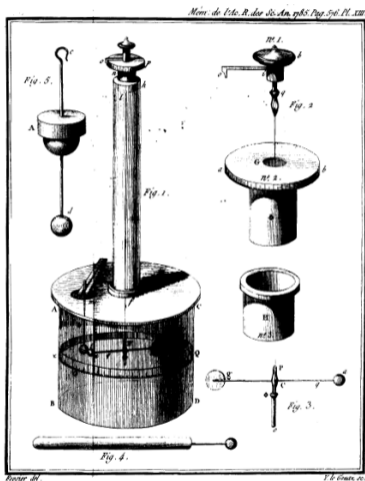
**Lehetne  $m_s \neq m_t$ ? Elvben igen!** Lehetséges következmények:

- más anyagú testek más gyorsulással esnek (légüres térben)
- más anyagú, azonos tehetetlen tömegű testek más erővel vonzzák egymást

Ellenőrzés: réz, vas, ólom, platina ... testek gravitációs vonzásának, esésének mérése.



## Kis erők mérése: torziós inga



Coulomb mérlegének rajza

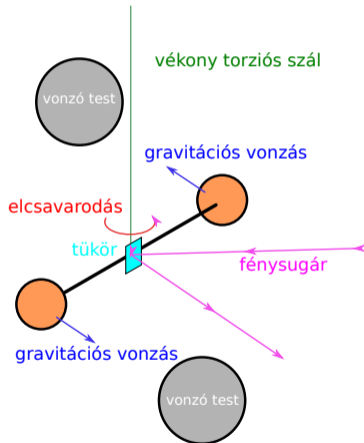
Forrás: Wikipedia

Alapötlet: **Vékony szál nagyon kis forgatónyomaték hatására mérhetően elfordul.**

Ezt használta Coulomb az elektrosztatikai mérésekor. (balra)

Eötvös előtt is használták gravitációs erők mérésére. (jobbra)

Mérhető: elcsavarodás mértéke, lengésidő, ...

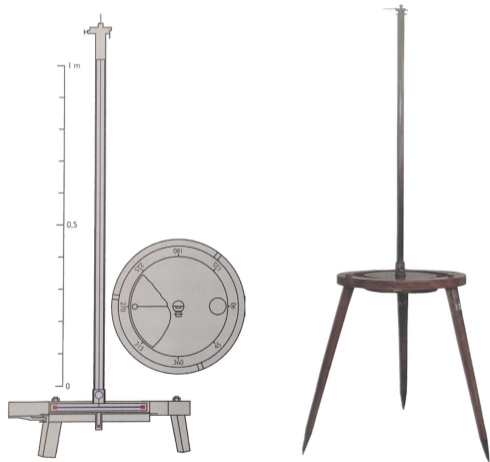


Elvi vázlat

## Az Eötvös-inga egyik változata

Eötvös:

*Egyszerű egyenes vessző az az eszköz, melyet én használtam, végein különösen megterhelve és fémtokba zárva, hogy ne zavarja se a levegő háborgása, se a hideg és meleg váltakozása. E vesszőre minden tömeg a közelben és a távolban kifejti irányító hatását, de a drót, amelyre fel van függesztve, e hatásnak ellenáll és ellenállva megcsavarodik, e csavarodásával a reá ható erőknek biztos mértéket adván. A Coulomb-féle mérleg különös alakban, annyi az egész.*



Forrás: Eötvös Loránd Emlékalbum

# A súlyos és tehetetlen tömeg egyenértékűségének mérése

Kutató csapat: Eötvös Loránd, Pekár Dezső, Fekete Jenő

Egyre pontosodó mérések 1880-tól.

Sok zavaró tényező leküzdése. kellett: rezgések, szél, hőmérséklet-változás, ...

- 1890:  $m_s$  és  $m_t$  20 milliomod résznyinél kisebb eltérés
- 1909: még 10-szeres javítás: a 9. jegyben lehet csak eltérés

# A súlyos és tehetetlen tömeg egyenértékűségének mérése

**Kutató csapat: Eötvös Loránd, Pekár Dezső, Fekete Jenő**

Egyre pontosodó mérések 1880-tól.

Sok zavaró tényező leküzdése. kellett: rezgések, szél, hőmérséklet-változás, ...

- 1890:  $m_s$  és  $m_t$  20 milliomod résznyinél kisebb eltérés
- 1909: még 10-szeres javítás: a 9. jegyben lehet csak eltérés

---

Eredmények:

- Elnyerik a Göttingeni egyetem díját, amit e témában írtak ki.
- **Megerősíti Einsteint, hogy jó úton jár az általános relativitáselmélet fejlesztése során.**
- $\Rightarrow$  A gravitáció geometriai hatás: a téridő görbül el a testek körül.
- Einstein Eötvösről: "A fizika fejedelme."



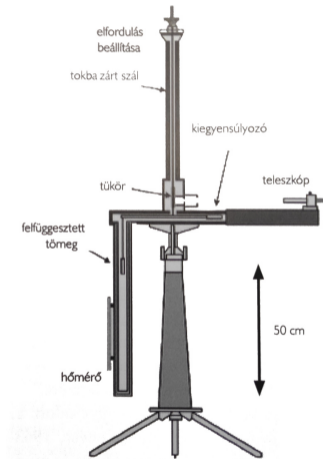
## Alkalmazás: horizontális variométer

Mi történik, ha a testek különböző magasságban vannak?

Érzékeli a gravitációs erő helyi változását.

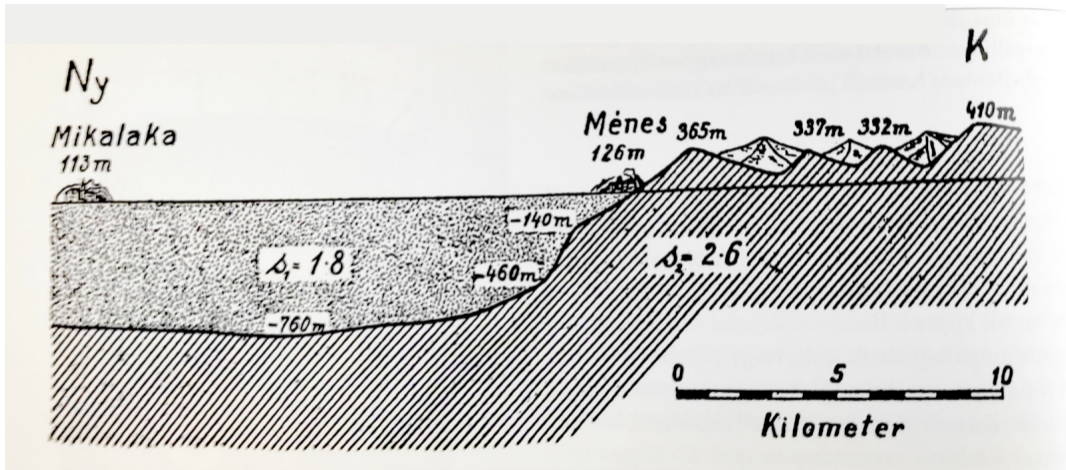
- Duna vízszint-változásának hatása
- Föld alatti sűrűség-eltérések kimutatása

⇒ Alkalmazás a geofizikában, olaj lelőhely kutatásban, ...



Forrás: Eötvös Loránd Emlékalbum

# Arad környékének talajrétegei



Forrás: Eötvös Loránd Emlékalbum

## A gravitációs állandó mérése

$$\underline{F} = -m_s \cdot \gamma \frac{M}{r^2} \frac{r}{r}$$

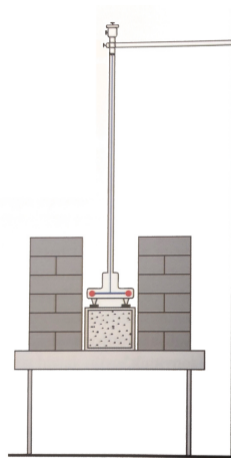
Mennyi is a  $\gamma$  állandó értéke?

Eötvös és csapata pontosítja az addig értéket.

Módszer: **Ólomfalak közt lengetett torziós inga.**

Eltér a periódusidő, ha a szál merőleges vagy ha a szál párhuzamos a falakkal.

**Eötvösék pontosságát csak az 1950-es években haladták meg.**



## Eötvös méréseinek utóélete

1980-as évek: **Az Eötvös-Pekár-Fekete méréssorozatban kis eltérést fedeztek fel.**

- Mégsem pontosan arányos a súlyos tömeg a tehetetlennel?
- Van egy új, “ötödik erő”, ami a sokadik tizedesjegyben jelentkezik?

Alapos vizsgálat után nem találtak hibát Eötvösék módszereiben.

Az eltérések oka nem ismert. Hasonló mérésekkel több helyen próbálkoznak.

**Lehet, hogy valami érdekeset találtak Eötvösék?**

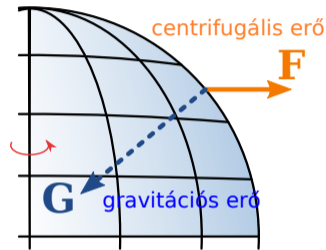


## Történeti háttér

Potsdami csapat Oskar Hecker vezetésével: pontos  $g$  mérések óceánokon hajózva.

### Eötvös Loránd:

- a  $g$ -mérés adatok 5. tizedesjegyében szisztematikus hiba mutatkozik
- a Föld forgásának hatása a magyarázat

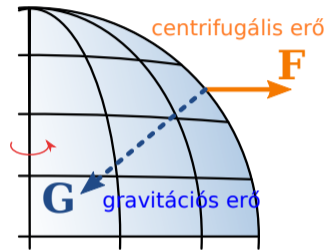


## Történeti háttér

Potsdami csapat Oskar Hecker vezetésével: pontos  $g$  mérések óceánokon hajózva.

### Eötvös Loránd:

- a  $g$ -mérés adatok 5. tizedesjegyében szisztematikus hiba mutatkozik
- a Föld forgásának hatása a magyarázat



A centrifugális erő hatása régóta ismert volt: a 3. tizedesjegyben jelentkezik. Eötvös:

- Keleti irányú mozgás  $\Rightarrow$  nagyobb szögsebesség  $\Rightarrow$  kisebb mért  $g$  érték.
- Nyugati irány  $\Rightarrow$  nagyobb  $g$ .

Pontos modellt ad, ellenőrző méréseket szervez a Fekete-tengeren.

## Az Eötvös-effektus

Eötvös-effektus: a forgó Földön a keletre mozgó testek kisebb, a nyugatra mozgók nagyobb súlyúnak mutatkoznak.

Valójában a korábban ismert Coriolis-hatás függőleges komponense.

## Az Eötvös-effektus

Eötvös-effektus: a forgó Földön a keletre mozgó testek kisebb, a nyugatra mozgóknak nagyobb súlyúnak mutatkoznak.

Valójában a korábban ismert Coriolis-hatás függőleges komponense.

Példa számítás:

Egyenlítőn 465 m/s adódik a Föld forgásából, 6378 km-re a tengelytől.

Centrifugális gyorsulás:

- álló hajón:  $0,0339 \text{ m/s}^2$
- 10 m/s-mal keletre mozgón:  $0,0354 \text{ m/s}^2$
- 10 m/s-mal nyugatra mozgón:  $0,0325 \text{ m/s}^2$

⇒  $\pm 10 \text{ m/s}$  sebesség hatása:  $0,0015 \text{ m/s}^2$

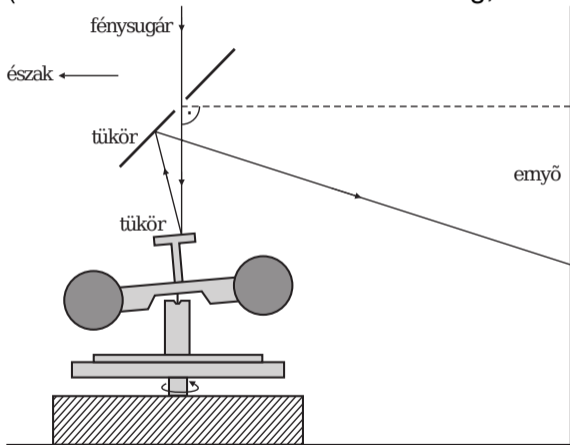
$g \approx 10 \Rightarrow 0,15$  ezrelékes hatás.

(nagy távolságú ágyú és rakéta-lövéseknél már jelentős)



# Az Eötvös-mérleg modern megvalósítása

(Dr. Groma István: Az Eötvös-mérleg, Fizikai Szemle 2019/12 alapján)



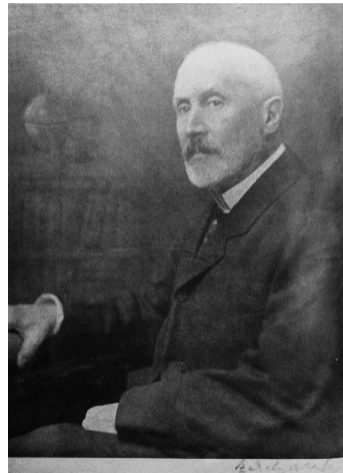
Videó link.

## Az Eötvös-mérleg publikálása

Eötvös Loránd élete utolsó éveiben készítette a berendezést.

Többszöri finomítás: számszerű mérés a Föld szögsebességére.

Publikáció németül: 1919, magyarul: 1920 (jegyzetei alapján)



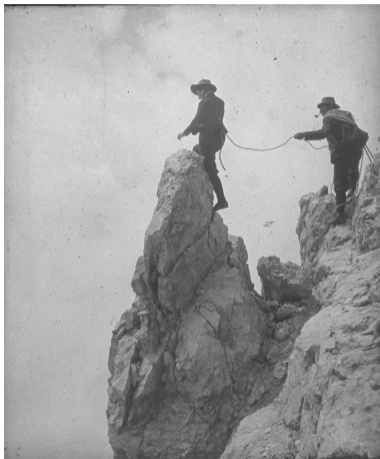
Portré 1912-ből

## Eötvös Loránd a hegymászó

### Eötvös maga így vallott turista szenvedélyéről:

*„Turista az, aki útra kel azért, mert foglalkozásának egyformasága, gondjainak sokasága közepette álmaiban feltűnik előtte egy olyan szebb világ, melyben zöldebb a fű, kékebb az ég, magasabbak a hegyek, szebbek vagy különösebbek a házak, barátságosabbak az emberek s aki ez álmokép eredetijét fáradságtól vissza nem riadva keresi – keresi, s mert hiszen e földön élünk, talán soha meg nem találja, de azért jókedvét el nem veszti, hiszen örömét éppen ez a keresés teszi.”*

*„Hegymászó működéséről a rendkívül kevés adat miatt pontos mérleget alkotni nem lehet.”*





## Az első nagy utazás (1866)

A gimnázium befejezésekor kéthónapos utazást tett teljesen önállóan Svájcban, Kelet-Franciaországban és Észak-Itáliában.

- Felkészülés, akklimatizáció:  
Pontresinából kiindulva magashegyi túrák a Bernina környékén: Rosegg gleccser, Piz Languard (3269 m), Isla Pers sziklaszigete
- Az út csúcspontja: **Dufourspitze (4638 m)** sikeres megmászása. Monte Rosa csoport, 2. legmagasabb az Alpokban, (PD+ és II+)



## Az első nagy utazás (1866)

A gimnázium befejezésekor kéthónapos utazást tett teljesen önállóan Svájcban, Kelet-Franciaországban és Észak-Itáliában.

- Felkészülés, akklimatizáció:  
Pontresinából kiindulva magashegyi túrák a Bernina környékén: Rosegg gleccser, Piz Languard (3269 m), Isla Pers sziklaszigete
- Az út csúcspontja: **Dufourspitze (4638 m)** sikeres megmászása. Monte Rosa csoport, 2. legmagasabb az Alpokban, (PD+ és II+)



*„E napot életem legélvezetesebb napjának tartom; költőibb élvezet ennél nincs.”*

## Inspirációk és további magashegyek

- Édesapja, svájci út, gleccserjárás, Rax, Schneeberg
- Rosti Pál, világutazó anyai nagybácsi. Dél-Amerika egyik első magyar ismertetője, fényképész, túrázó
- John Tyndall angol fizikus és hegymászó. "A Jungfrau megmászása" című művét Eötvös fordította magyarra (1872).
- Großglockner (3798 m) és Großvenediger (3 666 m) megmászása (egyetemista éveiben többször is)
- Az alpinizmus aranykora éppen lezárul: Matterhorn (1865) – Edward Whymper
- És kezdődik az ezüstkor ...



## Sziklamászó bravúrok a Dolomitokban

*„nekem ez az ezerarcú Cadin örökszép gyönyörűségem”*

- Kiindulópont **Schludersbach** (mintegy 40 nyarat tölt itt)
- Dél-Tirol ekkor még az Osztrák-Magyar monarchia része
- állandó vezetője: Michael Innerkofler
- 1877 Zwölferkofel első megmászása

Legkevesebb 110 önálló csúcsot mászott meg. **Első megmászásainak száma - ha a hágókat is beleszámítjuk - kb. 25-30 lehetett.** Kb. ugyanennyi csúcsra mint második, harmadik vagy negyedik jutott fel.

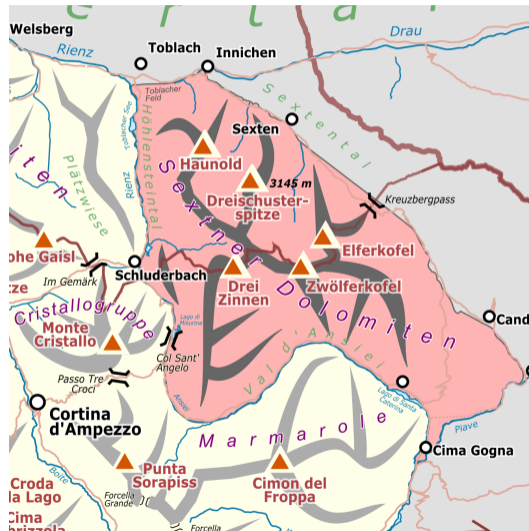


## Sziklamászó bravúrok a Dolomitokban

*„nekem ez az ezerarcú Cadin örökszép gyönyörűségem”*

- Kiindulópont **Schluderbach** (mintegy 40 nyarat tölt itt)
- Dél-Tirol ekkor még az Osztrák-Magyar monarchia része
- állandó vezetője: Michael Innerkofler
- 1877 Zwölferkofel első megmászása

Legkevesebb 110 önálló csúcsot mászott meg. **Első megmászásainak száma - ha a hágókat is beleszámítjuk - kb. 25-30 lehetett.** Kb. ugyanennyi csúcsra mint második, harmadik vagy negyedik jutott fel.



## Via Eötvös / (Croda da Lago)

1884. július 19-én, mint első megmásztót üdvözölhette a Croda da Lago 2717 méter magas magányos sziklacsúcsa.

Zsigmondy Emil könyvében így ad hírt a nagy eseményről:

*„Néhány nappal később láthattuk Eötvös bárót, ki az effajta első expedícióján állandóan vele volt, és Michel Innerkofler diadalmas arckifejezéssel hazafelé igyekezni. Az öreg Santo Siorpaes, az ampezzói vezetőök szeniorja, már tudta, mit is jelent ez. A Croda elesett. Avete fatto la Croda, ezek voltak szavai.”*



## Eötvös csúcs / (Cima di Eötvös )

A Cadin-csoport második legmagasabb ormát (2837 m) mászóteljesítményei előtt tisztelgésül – még életében – róla nevezték el.



## Eötvös csúcs / (Cima di Eötvös )

A Cadin-csoport második legmagasabb ormát (2837 m) mászóteljesítményei előtt tisztelgésül – még életében – róla nevezték el.





# Az Interneten keresgélve...

**bergsteigen.com** NEWS PRODUKTE TOUREN SERVICE SHOP MAGAZINE

Home Suche

## SUCHE

eötvös **SUCHEN** 🔍

TOUREN    BEITRÄGE    TERMINE    SHOP  
 GEBIRGE    REGIONEN    HÜTTEN    FORUM



**DIMAI/EÖTVÖS - GROHMANNSPITZE SÜDWAND**

TOUR

**KLETTERN**

LEICHT



**VIA DIMAI-EÖTVÖS - TOFANA DI ROZES**

TOUR

**KLETTERN**

LEICHT



## Az Eötvös lányok Rolanda és Ilona mászásai

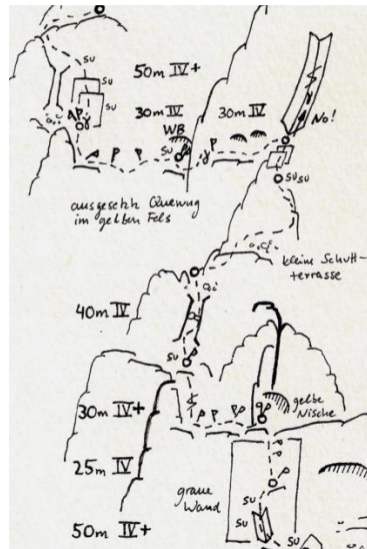
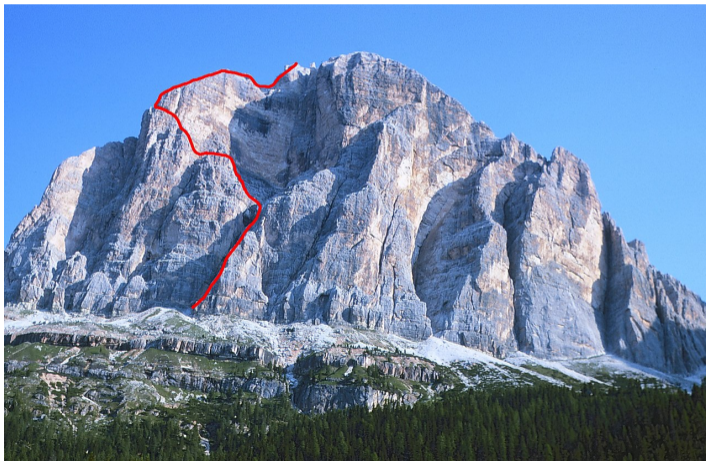
- **Legalább 7 első megmászás a Dolomitokban**
- állandó vezetőik: Antonio Dimai, Johann Summermatter, Agostini Verzi
- 1901 Tofana di Rozes déli fal első megmászása
- 1908 Grohmannspitze déli fala

*„Az utóbbi években Eötvös Rolanda és Ilona bárónők léptek a legnemesebb értelemben vett alpinizmus hívei közé és egymást követték bámulatra méltó páratlan túráik, melyeken sorát nem csak az ügyesség és erő határát képező vállalkozásoknak (Kleine Zinne Nordwand, Schmitt Kamin), hanem sikerrel foglalták el az addig lehetetlennek hitt, érintetlen falakat is (p.o. Tofana via Eötvös).”*



# Az Eötvös lányok Rolanda és Ilona mászásai

Tofana di Rozes déli fal, **Eötvös-Dimai út**  
IV+, 1000 méter mászás, 800 méter szint



## Sziklamászás régen és ma - Ruházat

**10. Ruházat, cipő.** Végül néhány szó a sziklamászó öltözékéről. A sziklamászáshoz legalkalmasabb ruhaszövet a manchester-bársony. Aránylag ez még a legerősebb s amellett igen jól tapad a sziklához. Hátránya, hogy igen hamar átengedi a vizet, ami esőnél, vizes sziklánál kellemetlen. A nadrágon a térdeket és az ülőrészt készítették duplán. Mászóiskolában kabát-  
nak legmegfelelőbb az erős, durva vászonból készült munkászubbonny. Alkalmas mászószövet a strukes és az angolbőr is.



# Sziklamászás régen és ma - Kötéltechnika



## Sziklamászás régen és ma – Felszerelés



# Sziklamászás régen és ma – Bakancs és mászócipő



# Eötvös Lóránd a sportember és sport szervező

## Sportember a hétköznapiakban is

- **gyalogtúrák**  
*„A turistaság, a nemzet gyalogosainak, ez a testet-lelket edző nemes élvezete...”*
- **lovaglás** Eötvös az év többi részében is sportolt, pestlőrinci villájából gyakran lóháton nyargalt be az egyetemre, kiváló lovas hírében állt.
- **kerékpározás**  
Eötvös szenvedélyes biciklis volt, egy ízben két lányával, Ilonával és Rolandával egész az Alpokig karikáznak, igaz, nem Budapesttől, mert a túlzott anyai féltés miatt csak Fehérvártól, hová titokban előre küldték a járgányokat.

## (Túra)sport közélet – elnöki teendők

- Magyarországi Kárpát-Egyesület (MKE) Budapesti Osztálya (1888)
- Magyar Turista Egyesület (MTE) (1891)
- Budapesti Egyetemi Atlétikai Klub (BEAC) (1898)





## Eötvös Lóránd a fotós

Jelenleg körülbelül 4000 sztereofényképéről tudunk, amelyeket pozitív képként üveglapra rögzített.

- 1877-től valószínűleg már fényképezett
- Megmaradt képei kivétel nélkül a zselatinos szárazeljárás termékei.
- Papírképeket és nagyításokat is készített, de ezek nagyrésze nem maradt fenn.
- Ő készítette el többek között **az egyik legkorábbi holdfényes tájképet**, amelyet másfél órás expozícióval vett fel.
- Fényképezőgépe sajnos nem maradt ránk



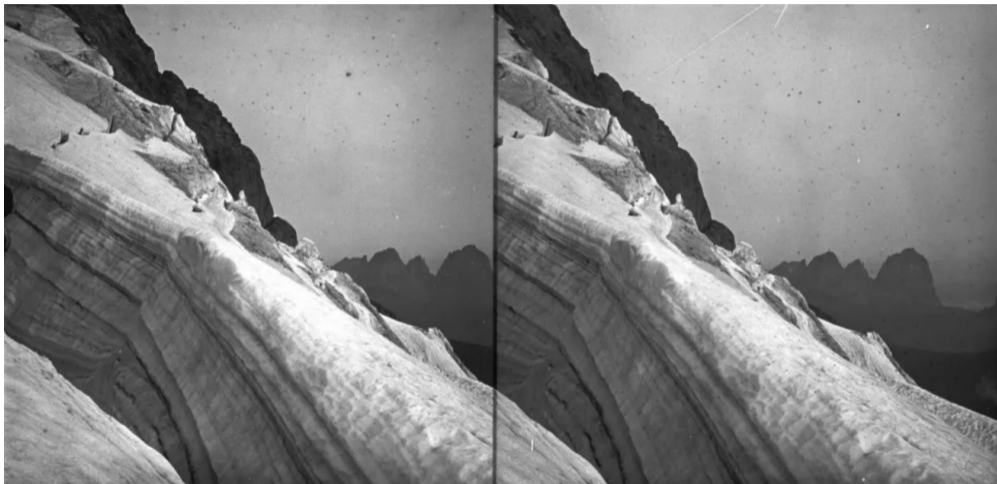


## Túrafotók, úti fotók



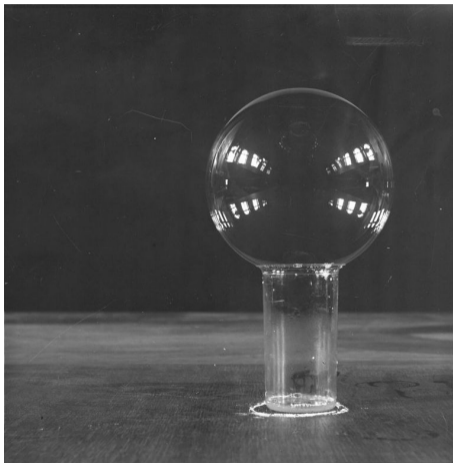
A Cadin csoport az Eötvös-csúccsal

## Túrafotók, úti fotók



Fünffinger Spitze, Langkofel

## Kísérletek és terepi mérések



Szappanbuborék kísérlet-felületi  
feszültség demonstrációjára



Fruska Gora.  
(A sátor előtt Eötvös Loránd ül.)

## Budapesti városfotók



Múzeum körüti részlet a  
Neumann-épülettel, fiákerrel



Kilátás a Lánchíddal, a budai oldal házaival, az  
átépítés előtti királyi palotával, és a Duna-parti  
kikötőkkel, lerakatokkal



*„Szálljunk le már egyszer a lóról, járjunk saját lábunkon a gyalog ösvényen, nemcsak kényszerűségből, hanem örömmel és azzal a büszke öntudattal, hogy haladásunk, ha lassúbb is, de a magunk erő kifejtésének eredménye lesz. ”*

Elnöki megnyitó az MTE évi május hó 24-én Selmeczbányán tartott rendes közgyűlésén (1896)