

Az éter (Aether or ether)

A Michelson-Morley-kísérlet

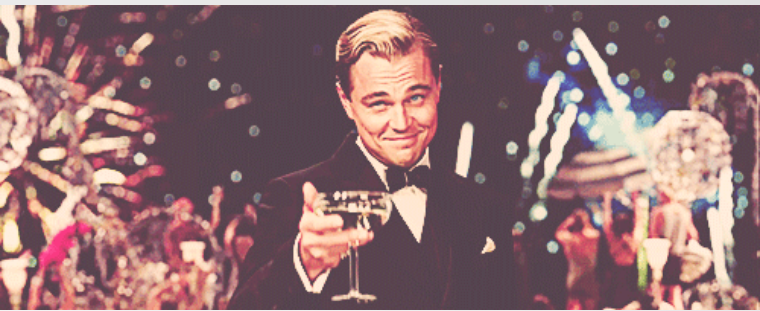
Futó Bálint

Fizika a XIX. században

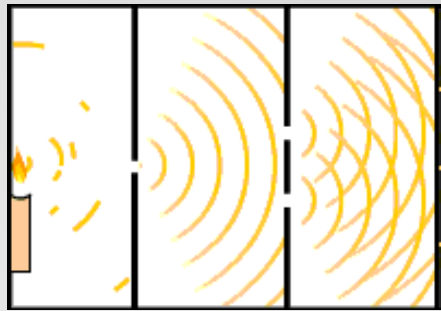
Mechanika

Optika

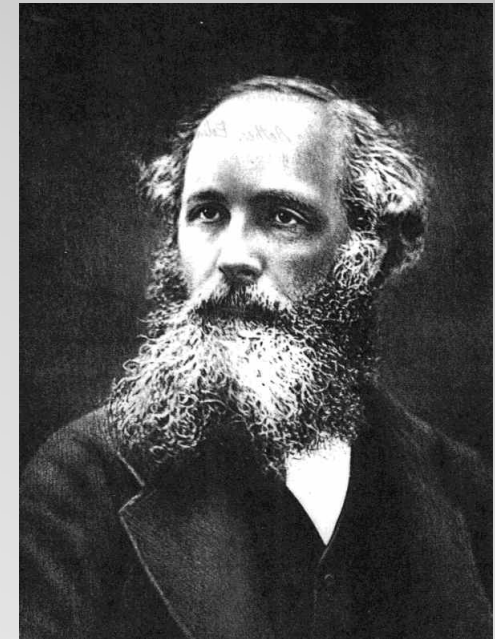
Elektrodin.



Abszolút tér és idő



Young és mások



Az éter

„a medium that in the wave theory of light permeates all space and transmits transverse waves” (Merriam-Webster)

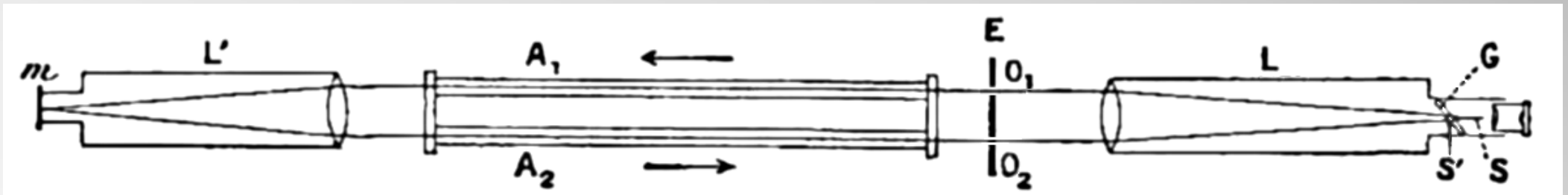
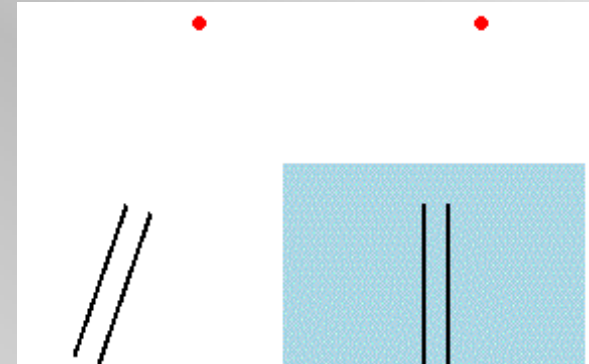
Az éter tulajdonságai:

- Szilárd, merev és sűrű, hogy a transzverzális fényhullám gyorsan tudjon haladni benne
- Folyékony vagy gáznemű, mert a bolygók pályáját nem zavarja és kitölti a teret
- Az anyaggal nem hat kölcsön
- Az anyaggal kölcsönhat



Megelőző kísérletek

- Aberráció: a távcső irányának változtatása a Föld mozgásának függvényében; Bradley (1728) stacionárius vagy alig magával ragadott éter
- Fizeau-kísérlet (1851): fénysebességmérés mozgó folyadékban interferométerrel



Eredmény: részben magával ragadott éter: $w_+ = \frac{c}{n} + v \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$.

- További elsőrendű kísérletek: Fizeau fényében negatív eredménnyel



A Michelson-Morley-kísérlet

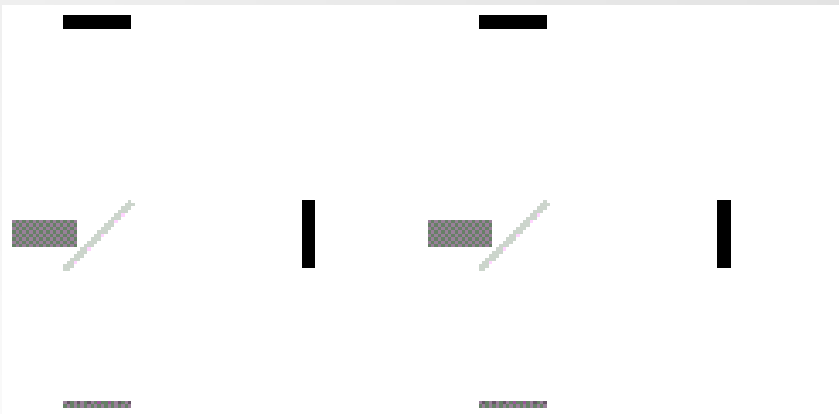
Alapelv: a két fényút más fázisban lesz, mikor újra találkoznak, amiatt hogy más az éterhez képesti sebességük



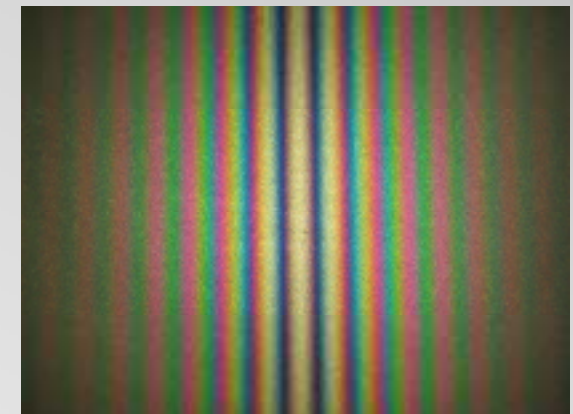
Albert Abraham Michelson

Edward Williams Morley

$$T_l = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v} = \frac{2L}{c} \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \approx \frac{2L}{c} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) \quad T_t = \frac{2L}{\sqrt{c^2-v^2}} = \frac{2L}{c} \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \approx \frac{2L}{c} \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right)$$



$$n = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\lambda} \approx \frac{2Lv^2}{\lambda c^2}$$





Albert Abraham Michelson

A Michelson-Morley-kísérlet

1881: Michelson 1. kísérlete (rossz)

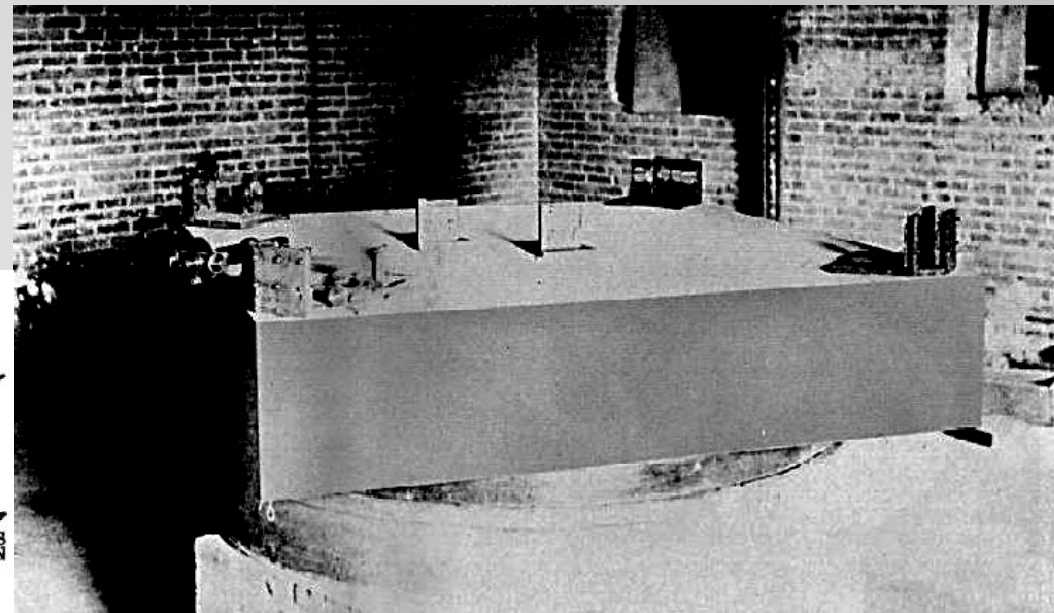
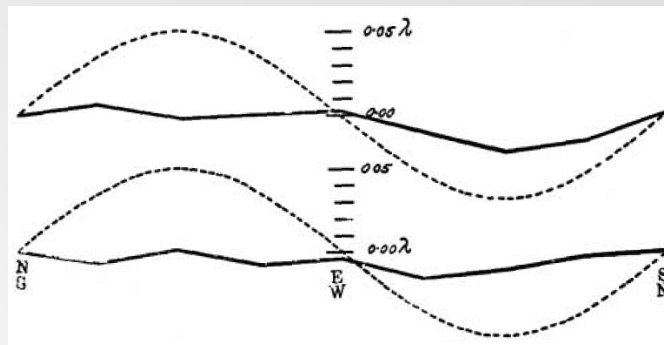
1887. április- július, Western Reserve University:
Michelson-Morley-kísérlet (American Journal of
Science)



Edward Williams Morley

Zárt, nehéz pincében, egy 0,3 m vastag,
1,5 m² területű homokkőn egy higannyal
töltött vályúban, többször megtéve az utat

Várt eltérés: 0,4
Mérési pontosság:
0,01
Max. seb.: 8 km/s





A kísérlet után

Akik megoldják: Voigt, Lorentz, Poincaré, Einstein

Speciális relativitáselmélet

Az aberráció és a Fizeau-kísérlet megoldása:

$$\tan(\phi) = \frac{u'_y}{u'_x} = \frac{u_y}{u_x + v} = \frac{\sin(\theta)}{v/c + \cos(\theta)} \quad \tan(\phi) = \frac{u'_y}{u'_x} = \frac{u_y}{\gamma(u_x + v)} = \frac{\sin(\theta)}{\gamma(v/c + \cos(\theta))}$$

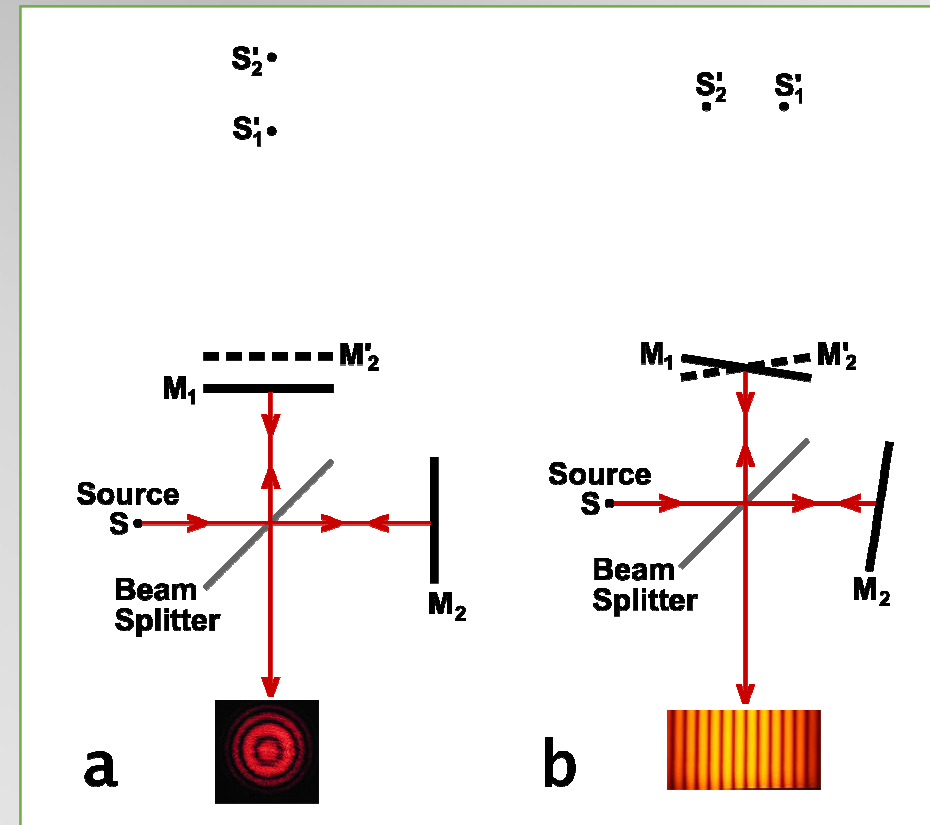
$$V_{\text{lab}} - \frac{c}{n} = \frac{\frac{c}{n} + v}{1 + \frac{v}{cn}} - \frac{c}{n} = \frac{\frac{c}{n} + v - \frac{c}{n}(1 + \frac{v}{cn})}{1 + \frac{v}{cn}} = \frac{v(1 - \frac{1}{n^2})}{1 + \frac{v}{cn}} \approx v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right).$$

További kísérletek

- Trouton–Noble-kísérlet (1901-03): statikus tér vizsgálata mozgó éterben töltött kondenzátorral, a keletkező forgatónyomaték hatására a mozgással párhuzamosan állna be
- Sagnac-kísérlet (1913): forgó rendszerben ellentétes irányban körbemenő fénysugarak interferálnak
- További interferométer kísérletek: Joos (1930) 1,5 km/s; Trimmer et al. (1973) 2,5 cm/s
- Optikai rezonátor kísérletek: (2009) 10^{-17} -es pontosság \sim nm/s
- Pion kísérletek a 60-as években a forrás-elmélet megcáfolására

A Michelson-interferométer alkalmazásai

- Fourier-transzformációs spektrométer: az egyik tükör távolságának függvényében az intenzitás FT-ja a fény spektrumát adja
- Twyman–Green interferometer: optikai eszközök (lencsék, tükrök) tesztelésére; lézer szükséges hozzá
- Csillagászati mérések: csillagok átmérője
- Gravitációs hullámok detektálása
- Optikai koherencia tomográfia: orvosi képalkotás



Források

Simonyi I.: A fizika kultúrtörténete

Wikipédia: [Michelson–Morley experiment](#), [Aberration of light](#), [Fizeau experiment](#), [Luminiferous aether](#), [Trouton–Noble experiment](#), [Sagnac effect](#), [Michelson interferometer](#)

Merriam-Webster

A Michelson-Morley- kísérlet cikke:

<https://history.aip.org/history/exhibits/gap/PDF/michelson.pdf>

Köszönöm a figyelmet!

Lehetséges videók: [Special Relativity 1: Michelson-Morley Experiment](#) (ayuta)

4:39 indiai akcentus, van felirat, animáció kicsit gagyi

[Michelson Interferometer - Amrita University](#) (Amrita Vlab) 7:33 gyakorlati megvalósítás, indiai akcentus, van felirat

[The Greatest Failed Experiment Ever](#) (SciShow Space) 4:01 nem túl részletes, inkább ismeretterjesztő jellegű, van felirat

[Neil deGrasse Tyson explains the Michelson-Morley experiment excerpt from UNDAUNTED](#) (Future Science Media) 4:23 dokumentumfilm részlet, jó illusztrációk, tiszta beszéd, nincs felirat