



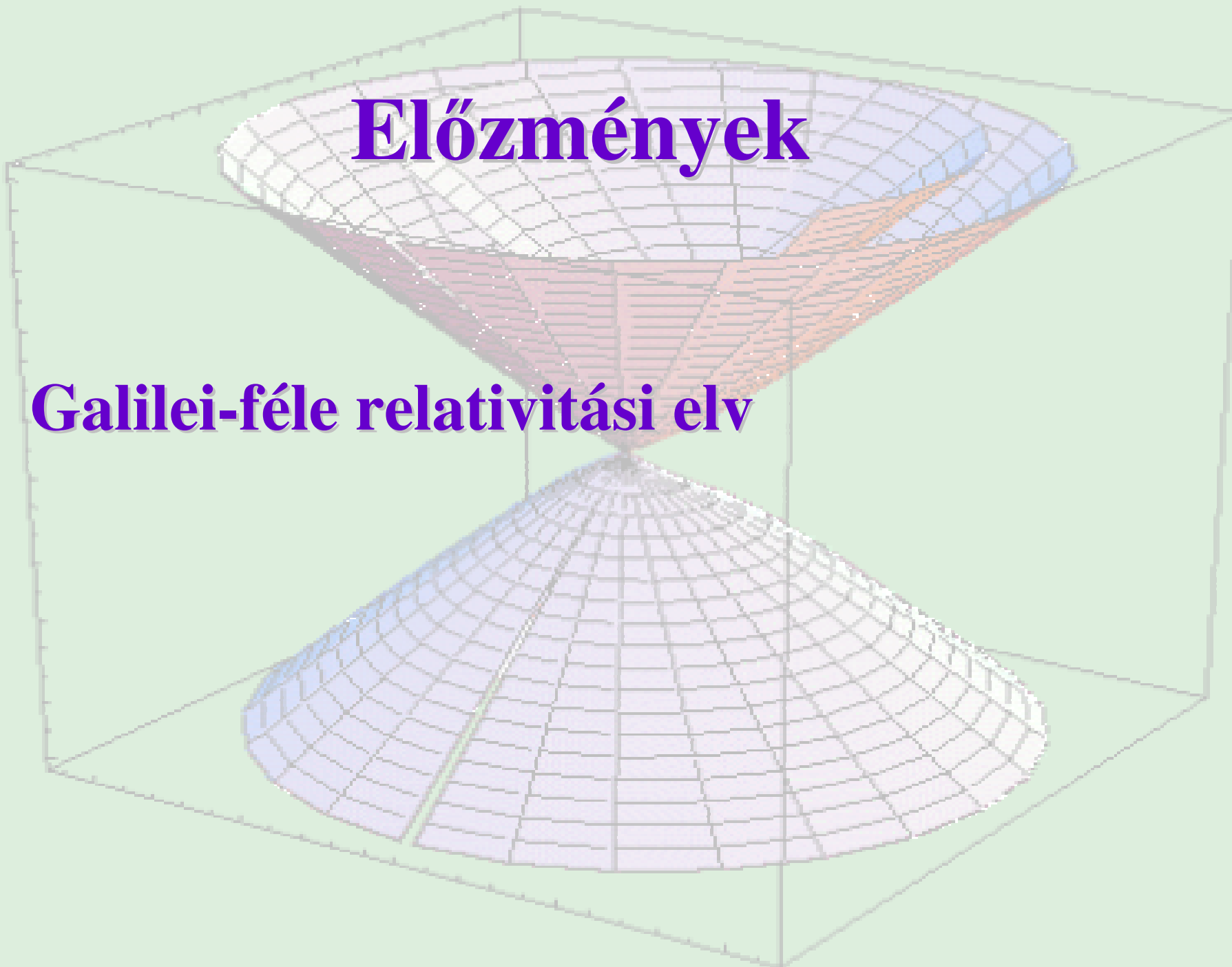
**„Az Úristen ravasz, de nem
rosszindulatú.”**

**Einstein és a speciális
relativitáselmélet**

**Szabó Gábor egyetemi tanár
SZTE Optikai Tanszék**

Előzmények

Galilei-féle relativitási elv







Előzmények



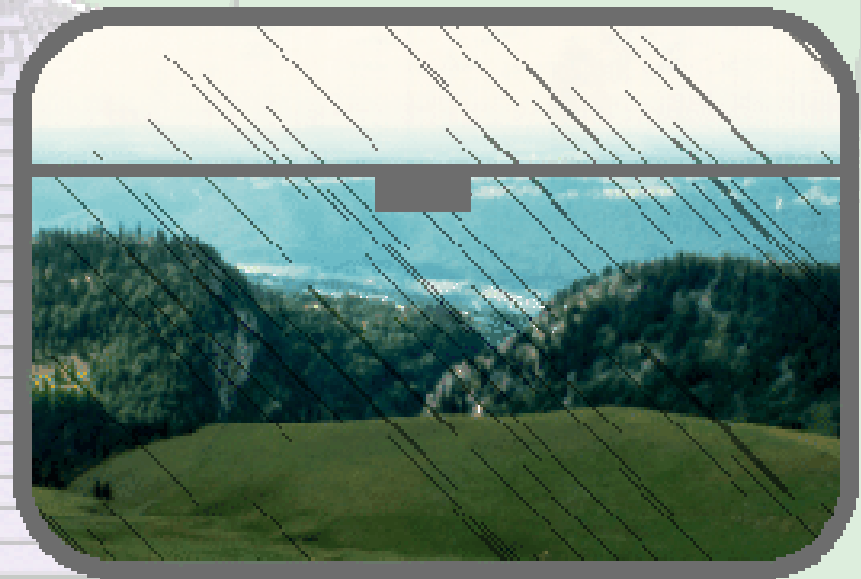
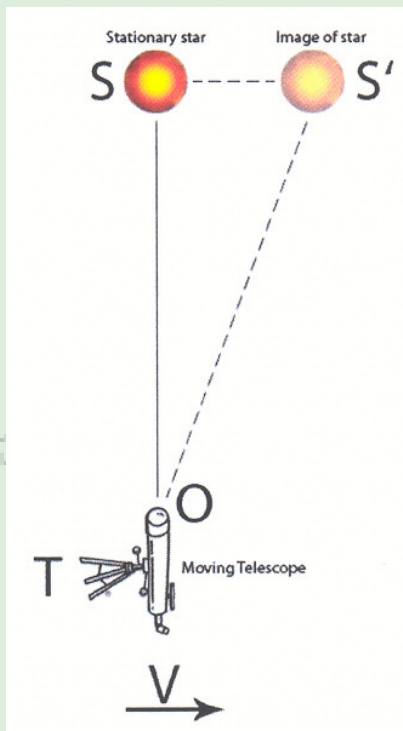
Galilei-féle relativitási elv

Speciális relativitási elv

Előzmények

Newton: a fény részecske

Bradley (1725) aberráció



Előzmények



Newton: a fény részecske

Bradley (1725) aberráció

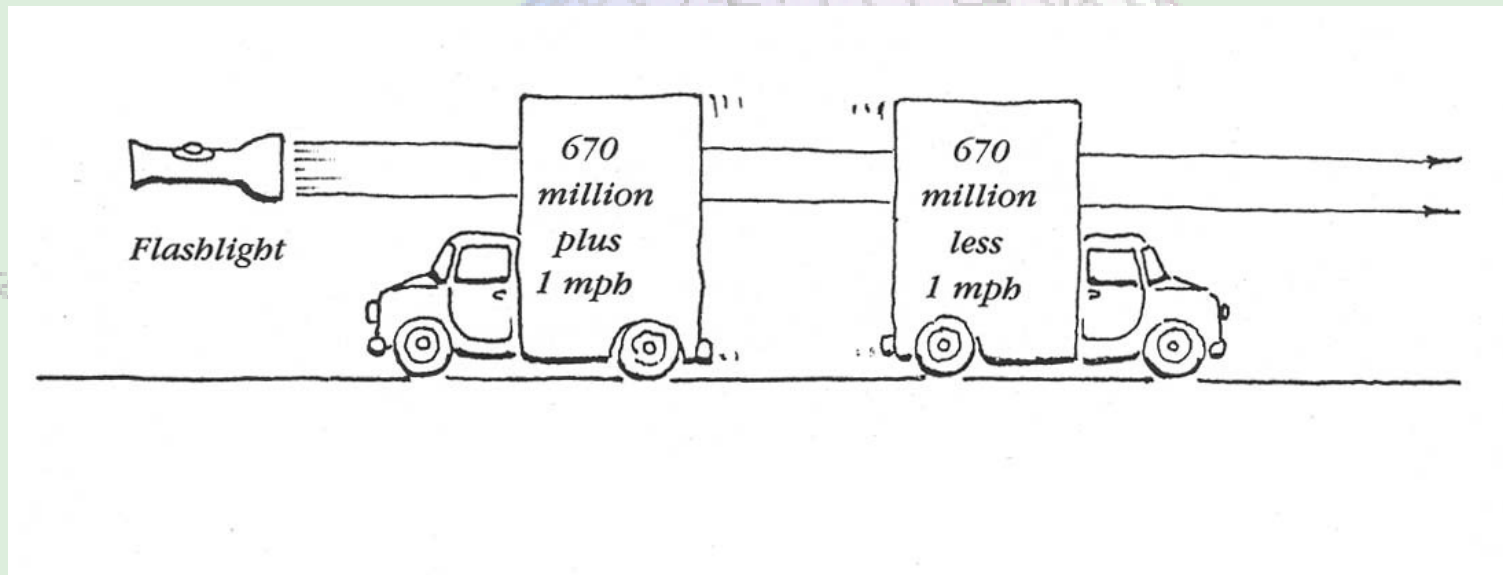
**Young, Fresnel, stb. (1800-as évek eleje):
a fény hullám**

**Fizeau (1851) a fény terjedése áramló
folyadékokban $\Rightarrow u \neq v + c/n$**

Előzmények

Maxwell (1864): az elektromágneses jelenségek elmélete

A fénysebesség állandó



Előzmények



Éter elmélet

Lord Kelvin (1891) “Az elektromágneses éter a dinamikában az egyetlen szubsztancia amelyben bizonyosak lehetünk...Az elektromágneses éter tudományos valóságnak tekinthető.”

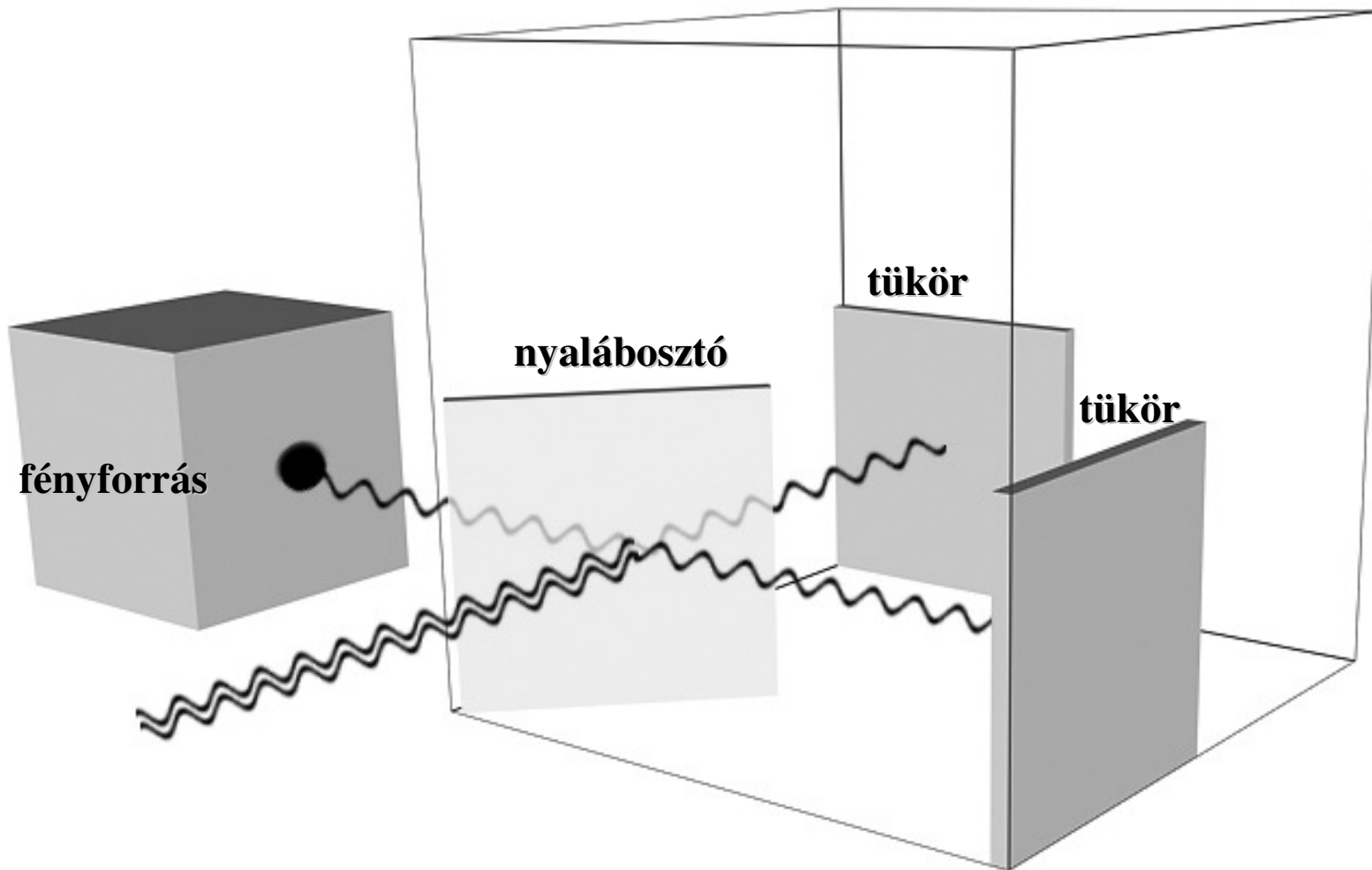
Előzmények



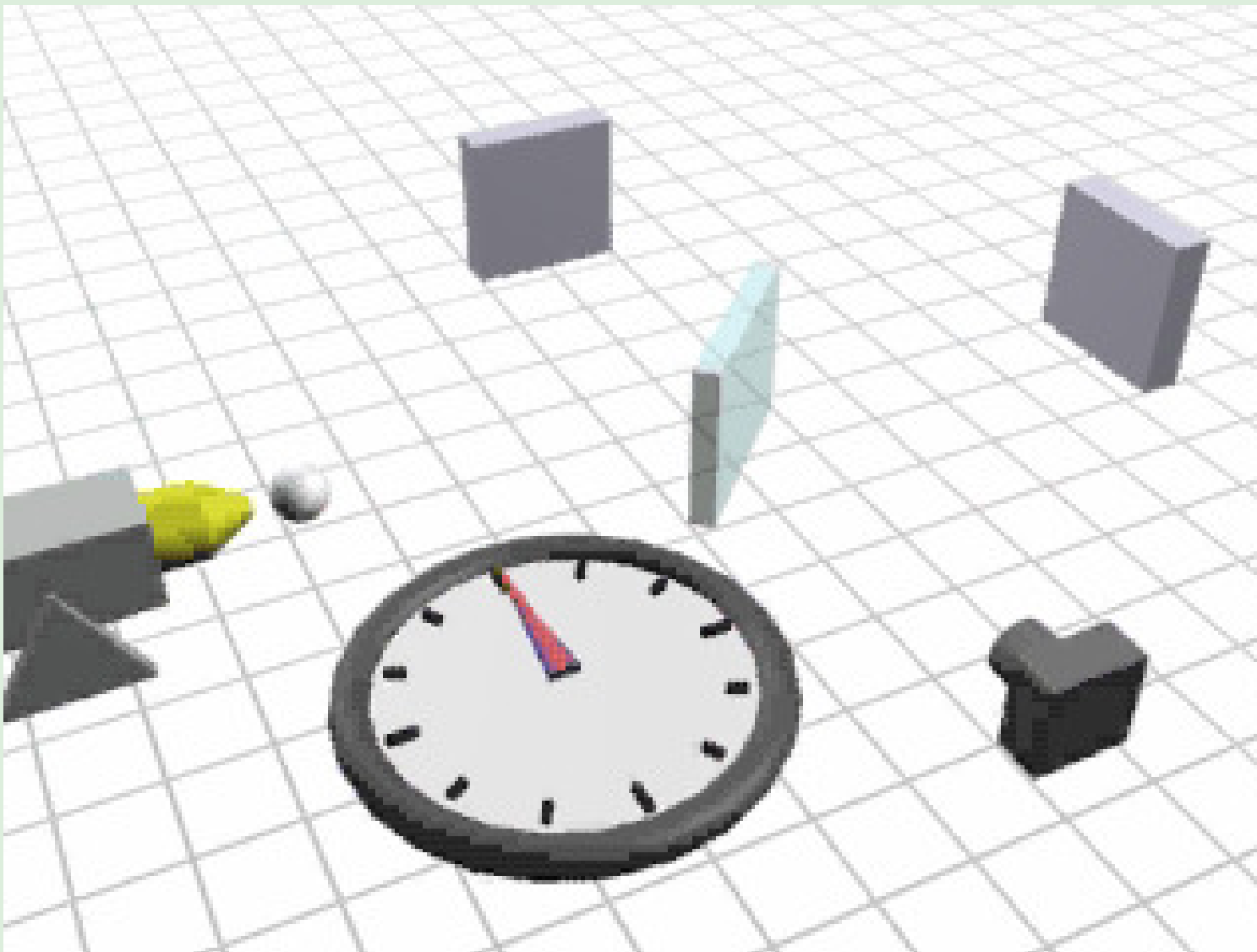
Kísérletek az „éterszél” kimutatására

Michelson és Morley

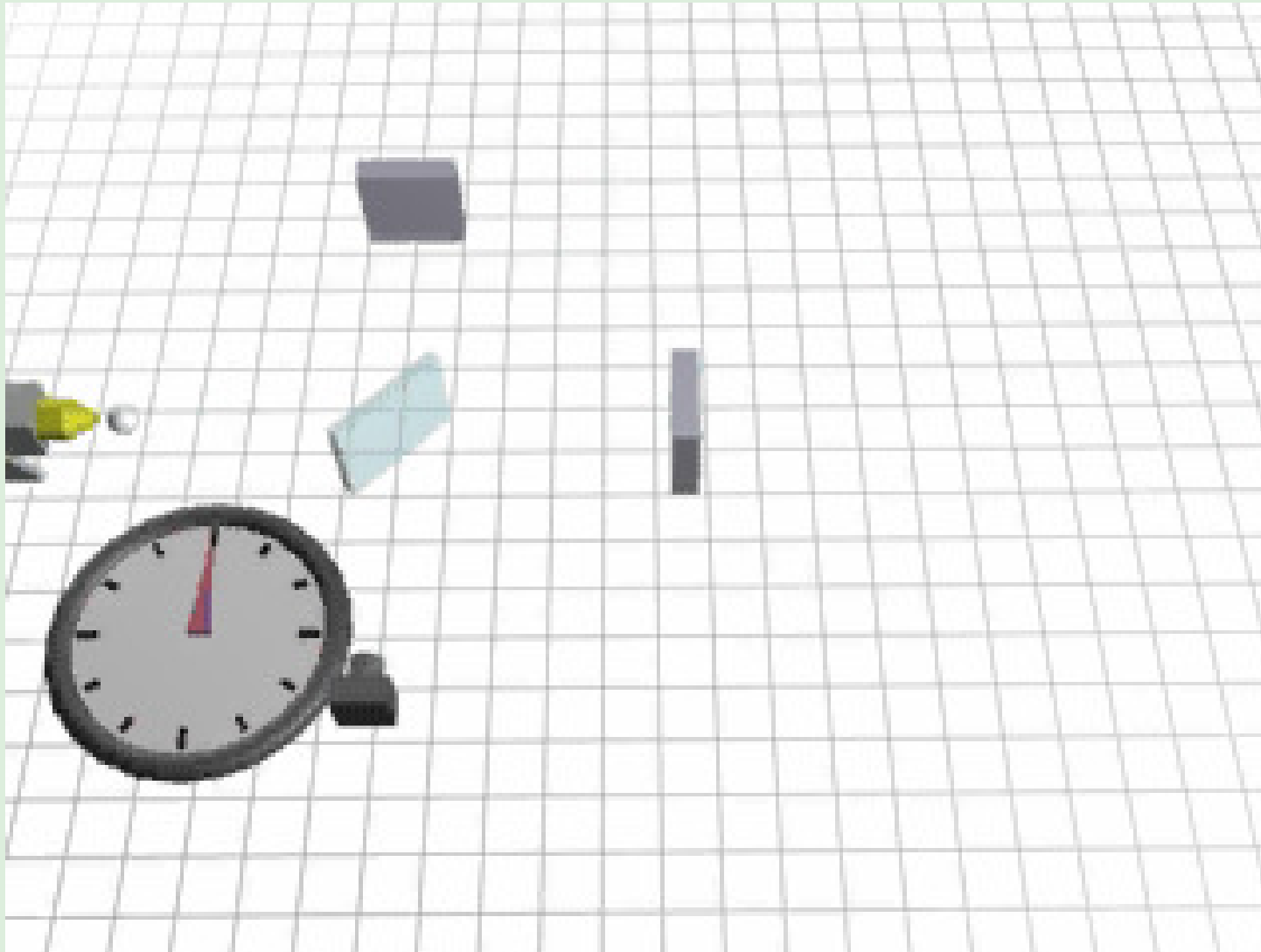
MICHELSON INTERFEROMÉTER



Álló interferométer

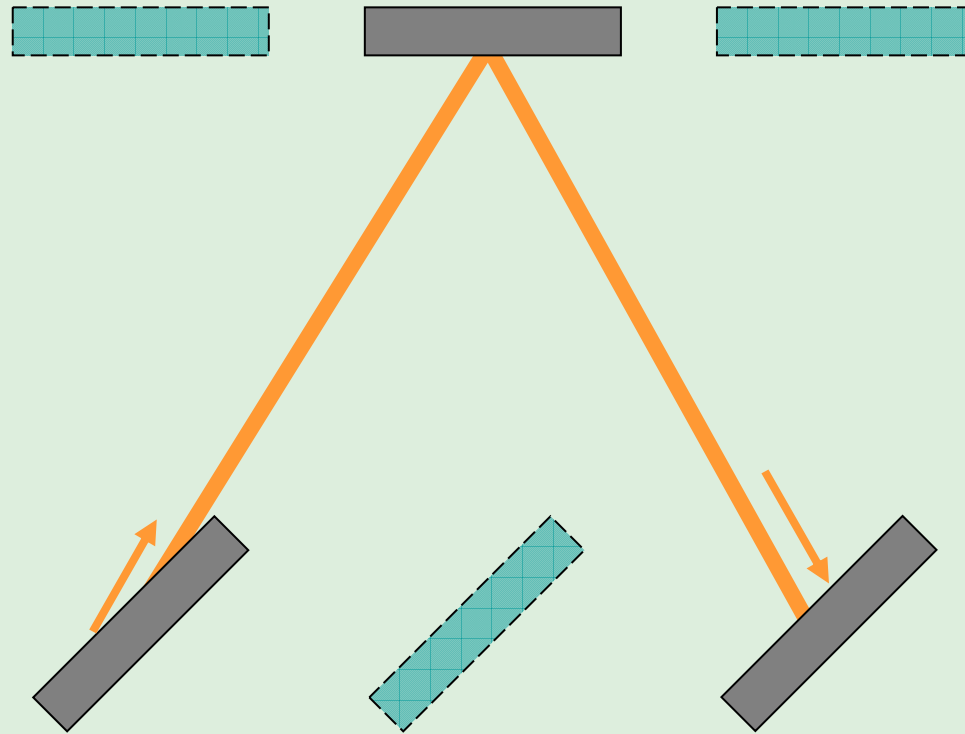


Mozgó interferométer



Mi a mérendő effektus?

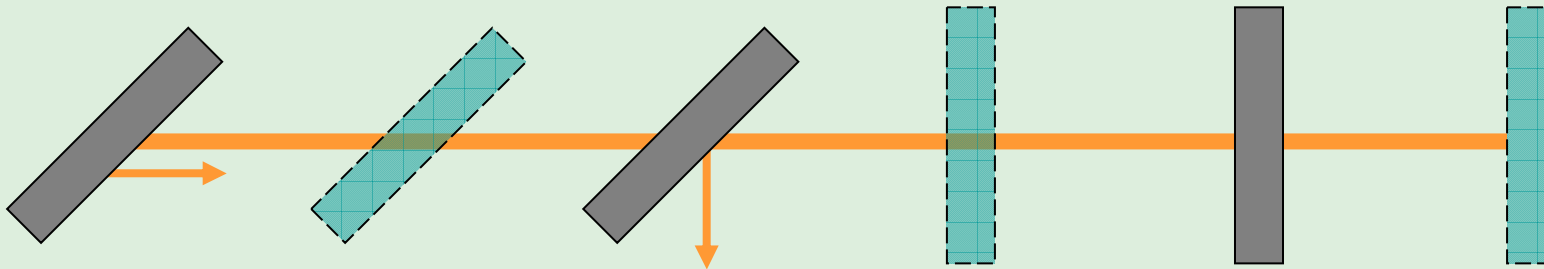
Terjedési idő az egyik karban:



$$t_a = \frac{2L}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Mi a mérendő effektus?

Terjedési idő a másik karban:



$$t_b = \frac{2L}{c} \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Mi a mérendő effektus?

A különbség:

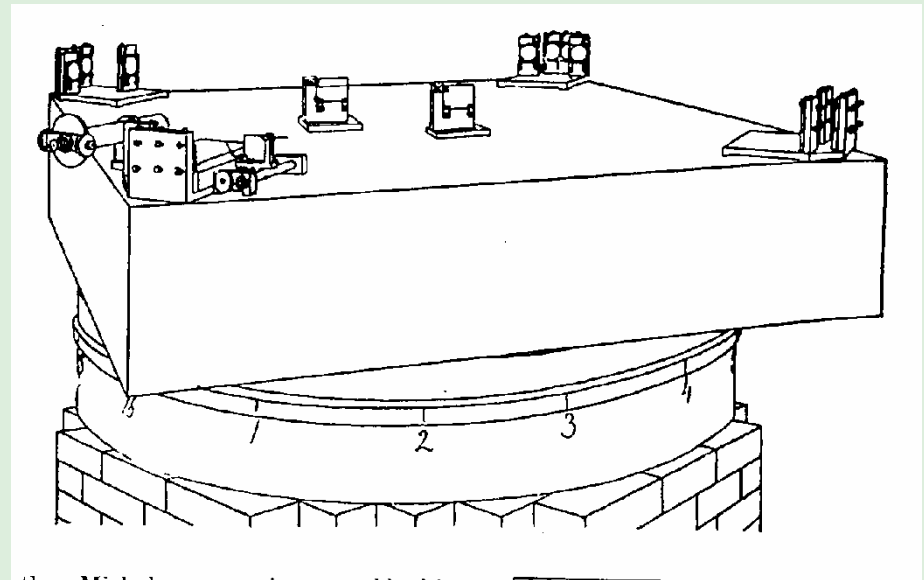
$$\Delta t \approx 2 \frac{L}{c} \frac{v^2}{c^2}$$

$$c = 300\,000 \text{ km/s}$$

$$v_F = 30 \text{ km/s}$$

$$\frac{\Delta L}{L} = 2 \cdot 10^{-8} \quad (0,04\lambda !!!)$$

Az eszköz





Az eredmény:

Az eltolódás - ha van - nem lehet nagyobb, mint a várt érték $1/40$ -ed része.

Hogyan tovább?

„It is obvious from what has gone before that it would be hopeless to solve the question of the motion of the solar system by observation of optical at the surface of the earth.”

Hertz hullámok

Lodge kísérlete (1892)

Röntgen (1895)

A Michelson kísérlet utóélete

Morley és Miller, 1906

Miller, 1921 (Mount Wilson)

Miller, 1925 “200 km/s a Sárkány csillagkép irányába”

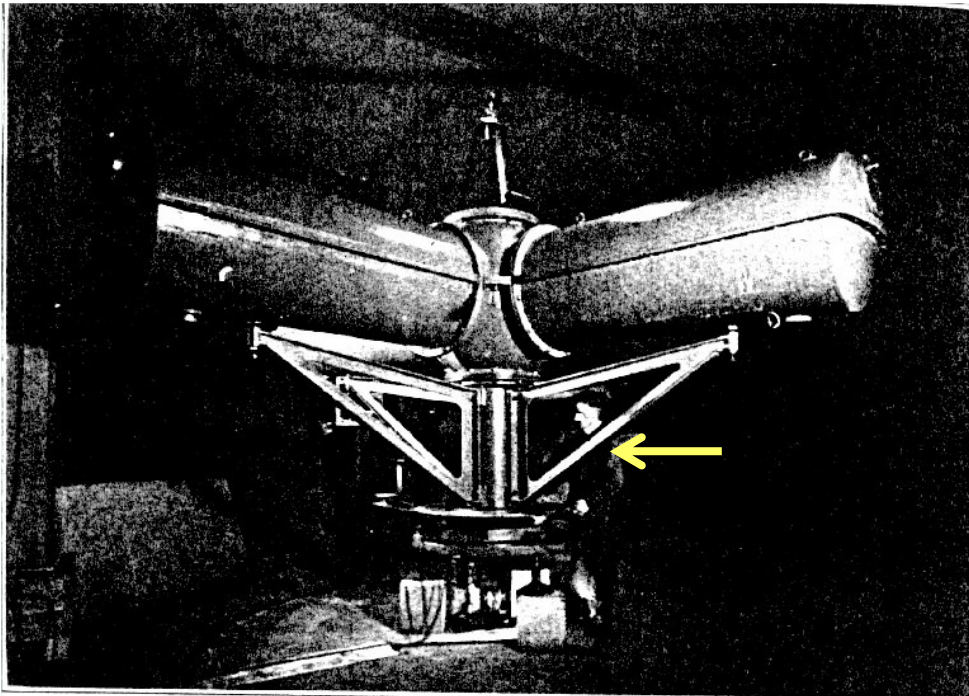
A Michelson kísérlet utóélete

Negatív kísérletek

Michelson (Mount Wilson 1926-27)

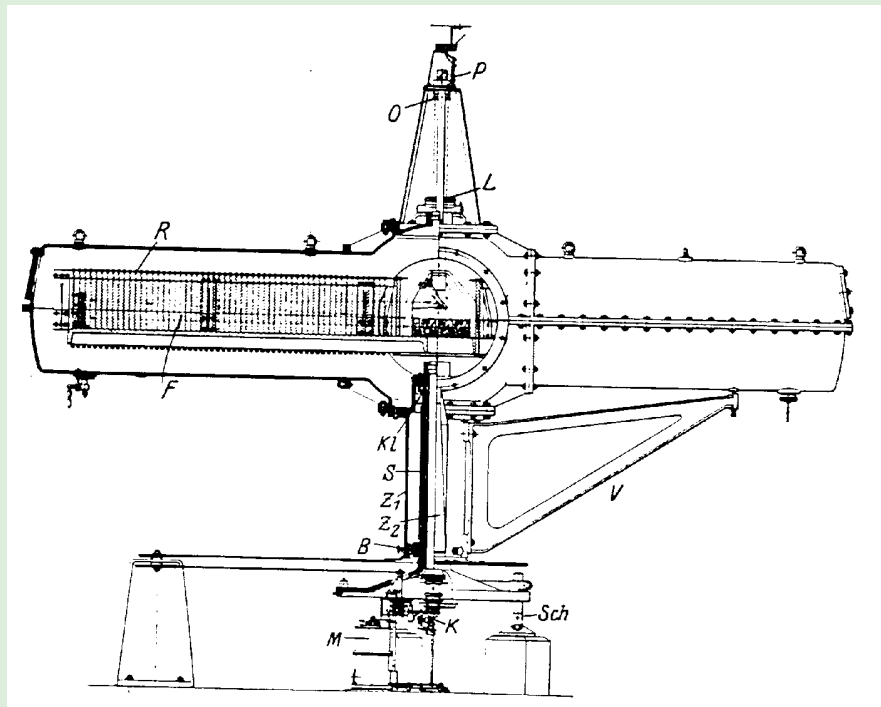
25,5 m fényút!!

Joos (Jena, 1929)

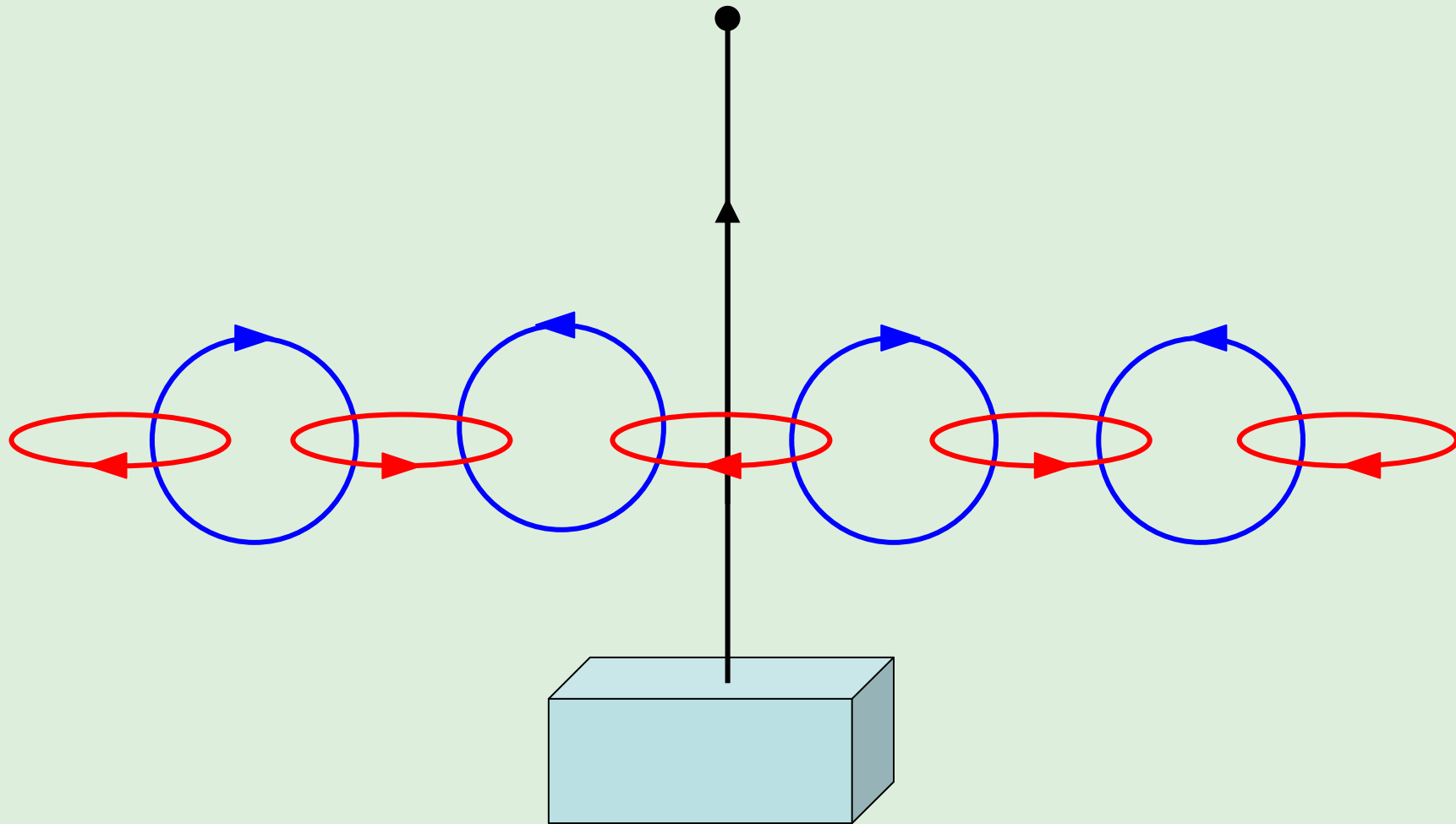


JOOS berendezése

Eredmény:
az eltolódás kisebb,
mint $1/1000 \lambda$



Miért állandó a fénysebesség?





Előzmények

**Ellentmondás a speciális relativitási elv
és az éter léte között**

Mi a megoldás?



A megoldás

Einstein: tételezzük fel, hogy a speciális relativitási elv és a fénysebesség állandóságának elve **egyidejűleg** érvényes.

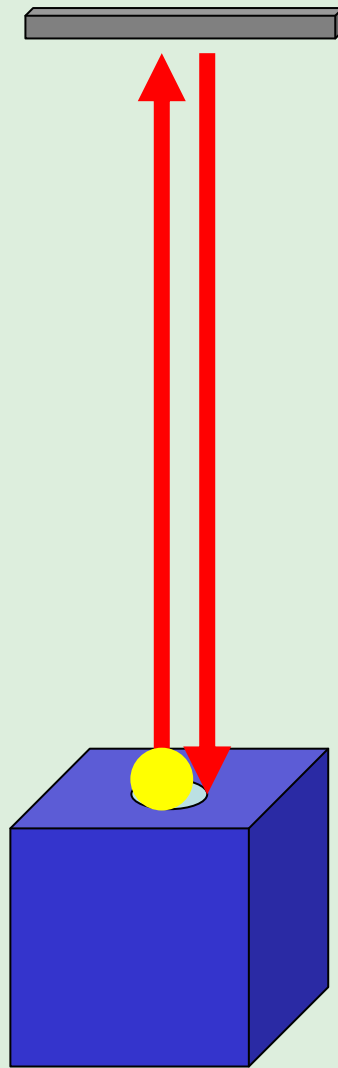
1905: Einstein nagy éve

“Zur Elektrodynamik bewegter Körper”

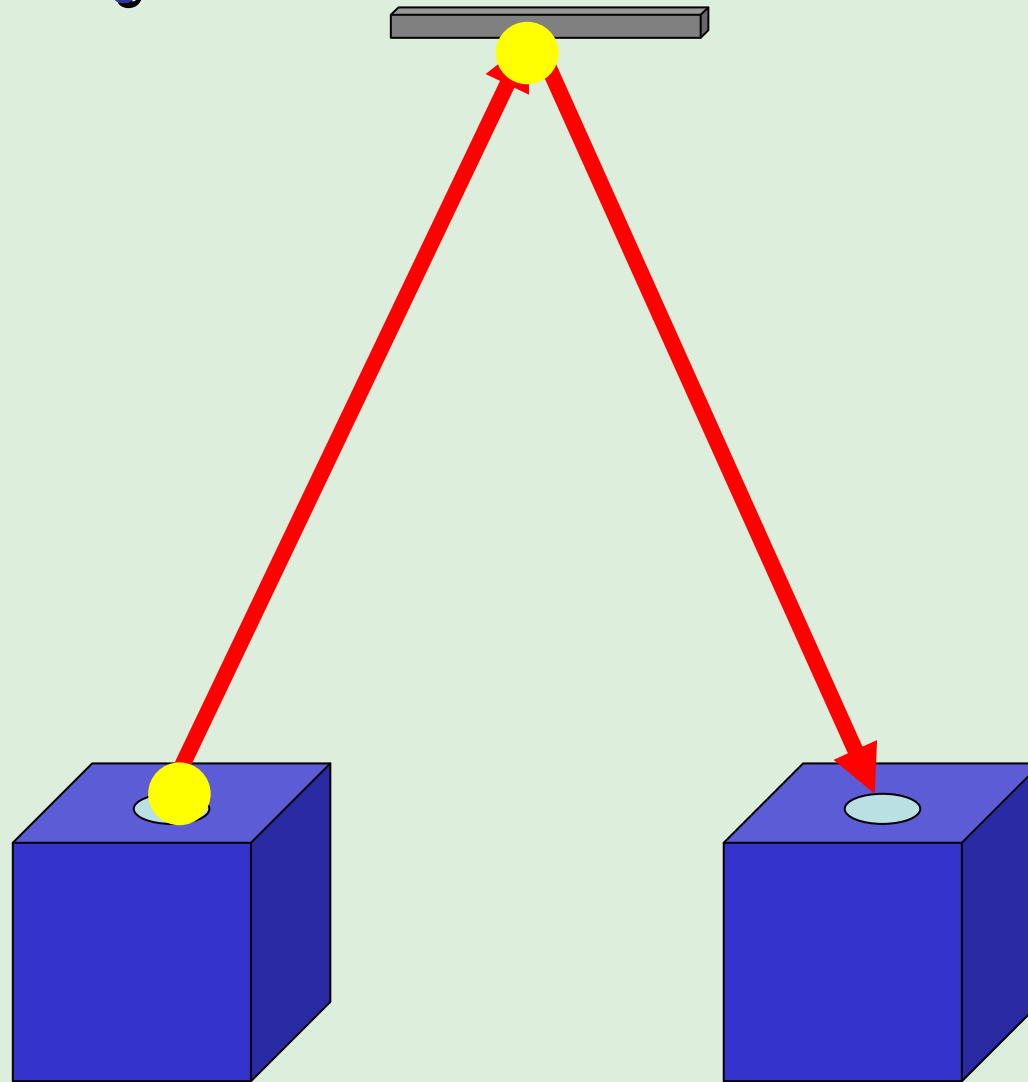
Ann. d. Phys. xvii 891-921, (1905)

“... az optikai éter bevezetését az alább kifejtendő megközelítés szükségtelenné teszi miután az nem kíván sem egy speciális tulajdonságokkal felruházott “abszolút teret”, sem pedig az elektromágneses jelenségeket befogadó üres tér egy pontjához sebességvektor hozzárendelését.”

Fényóra

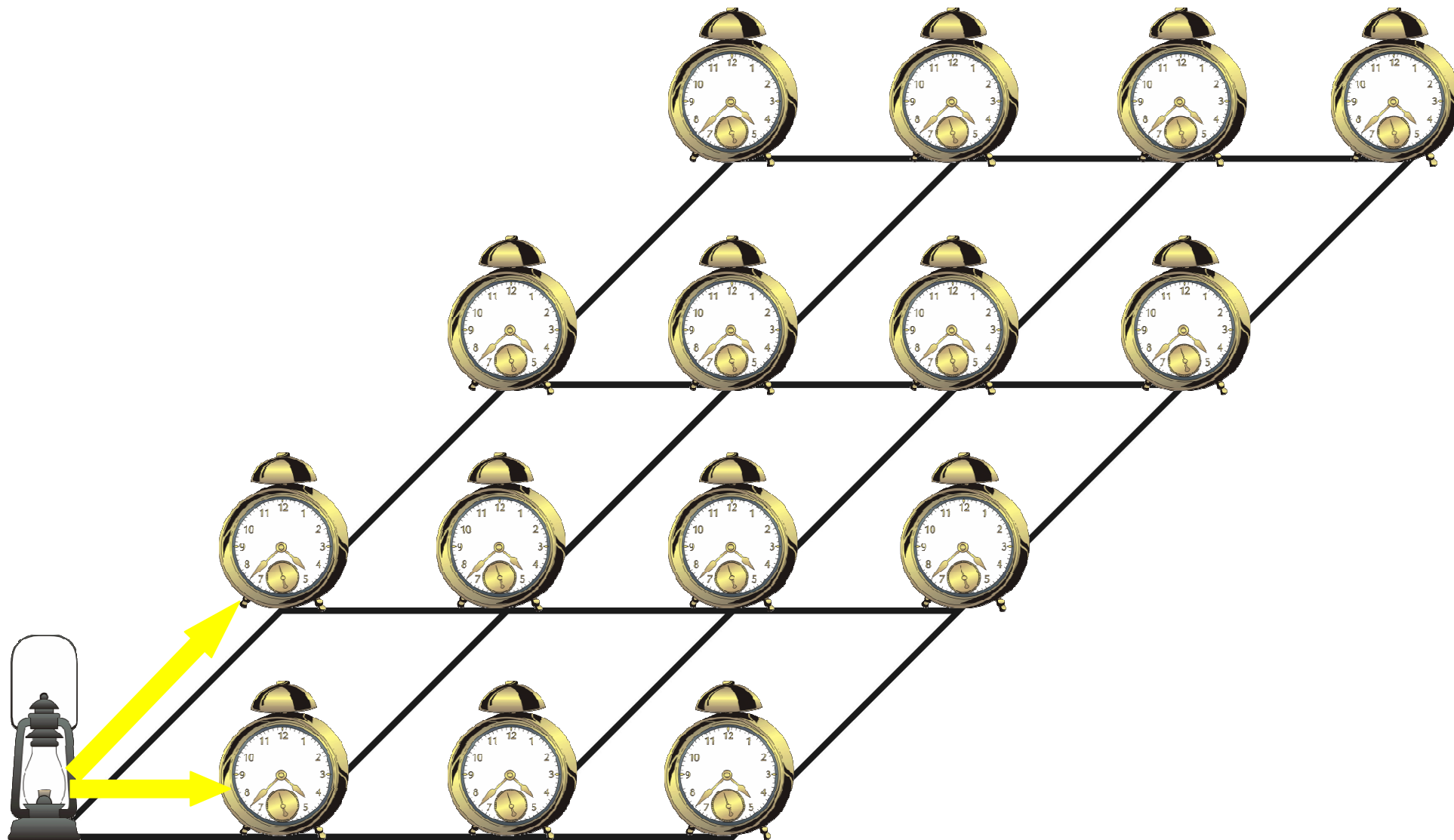


Mozgó fényóra



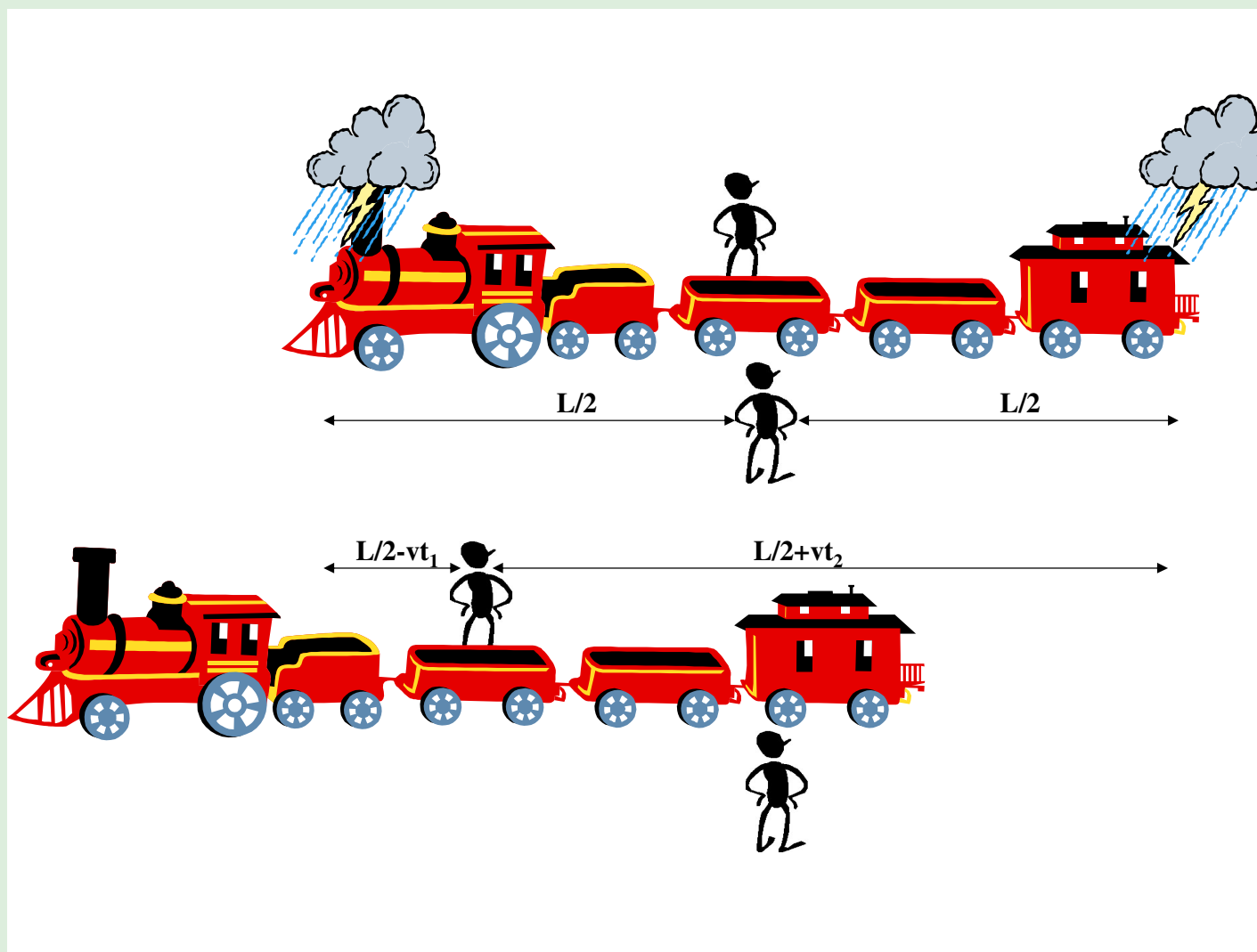
Az idő múlása

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

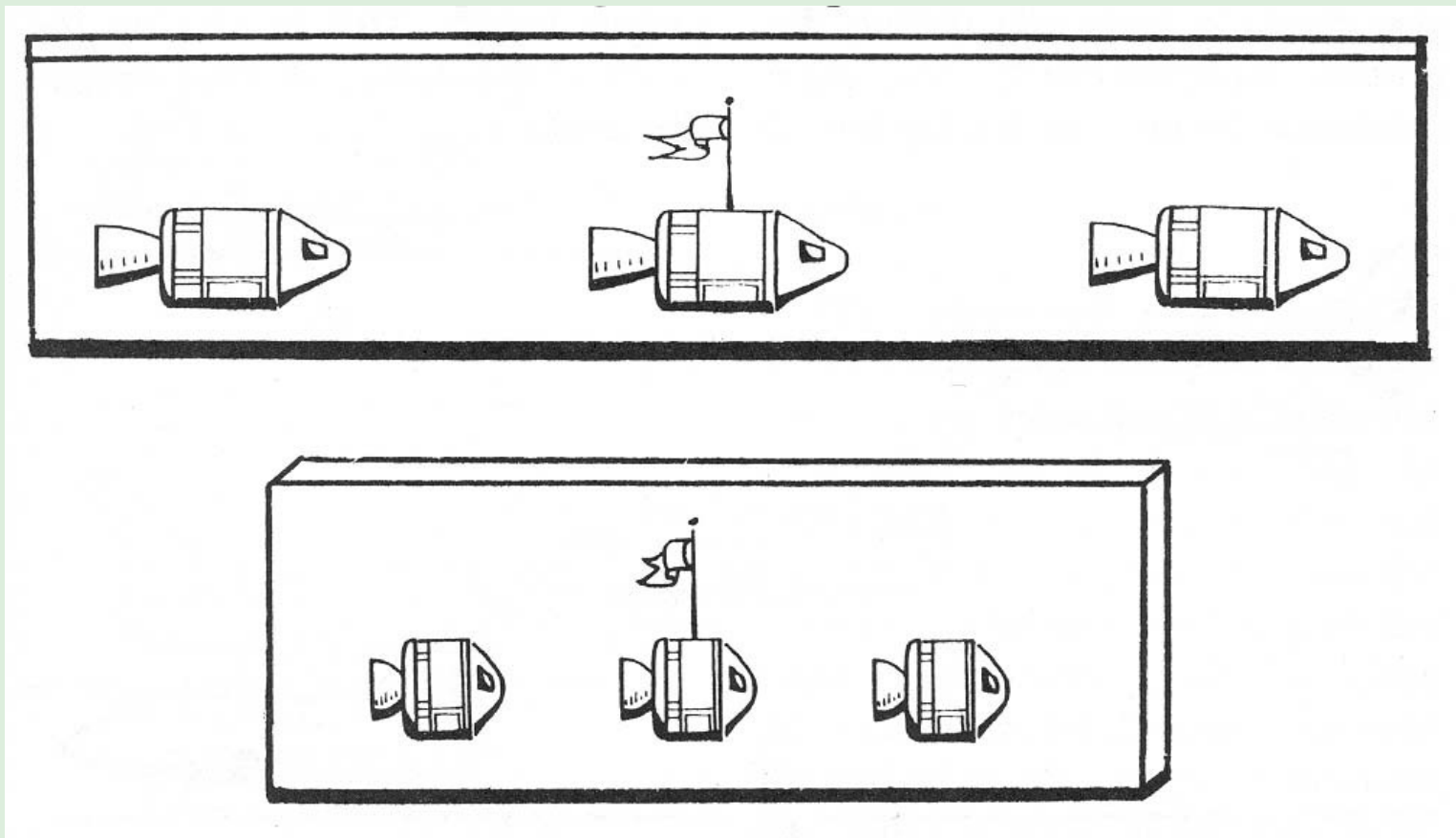


$$\Delta t = L/c$$

Az egyidejűség leromlása



Mi a helyzet a hosszúsággal?

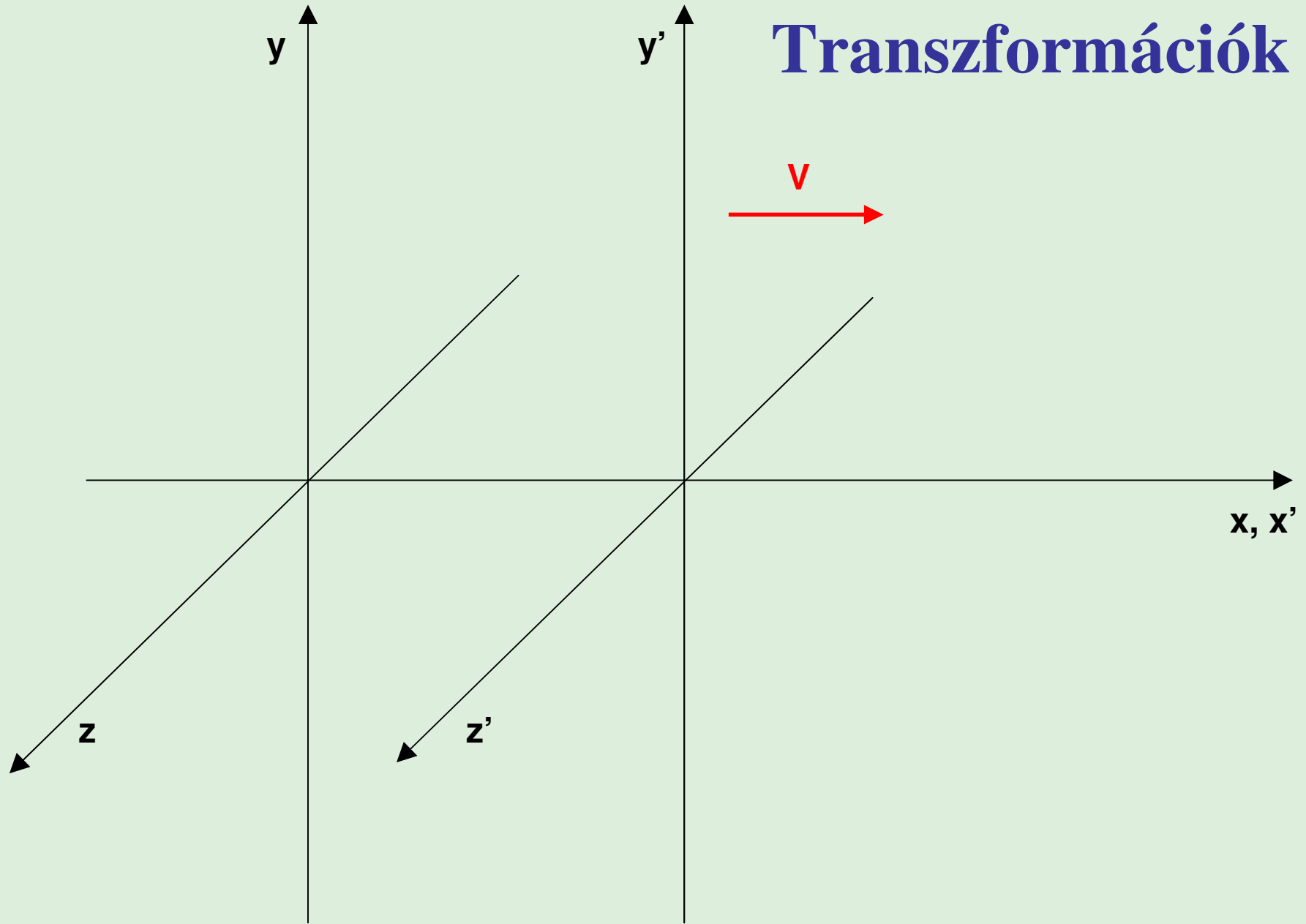


Hogy adódnak össze a sebességek?

$$u = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

Megegyezik Fizeau eredményével!

Transzformációk



Galilei transzformáció (klasszikus mechanika)

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Lorentz transzformáció (speciális relativitás elm.)

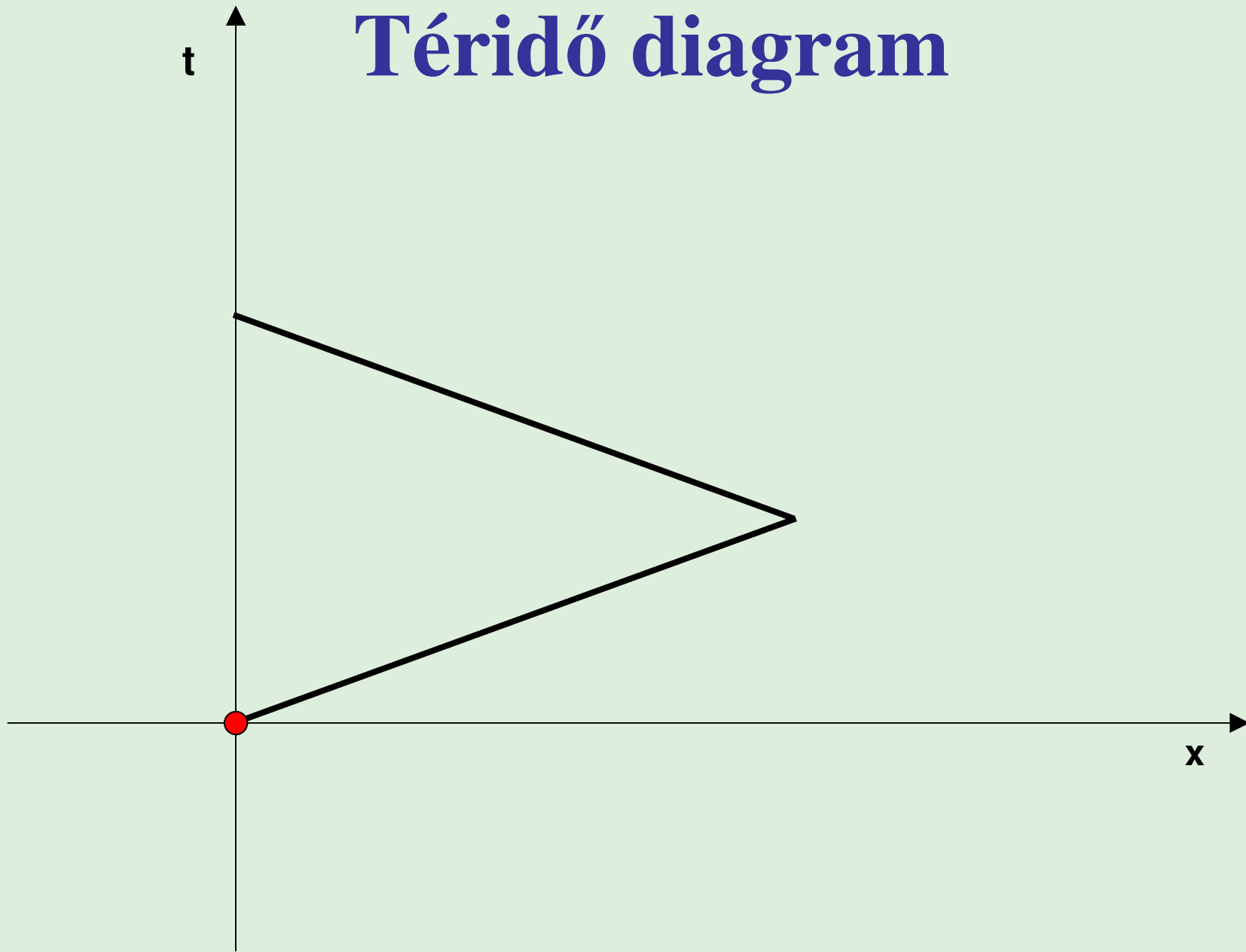
$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

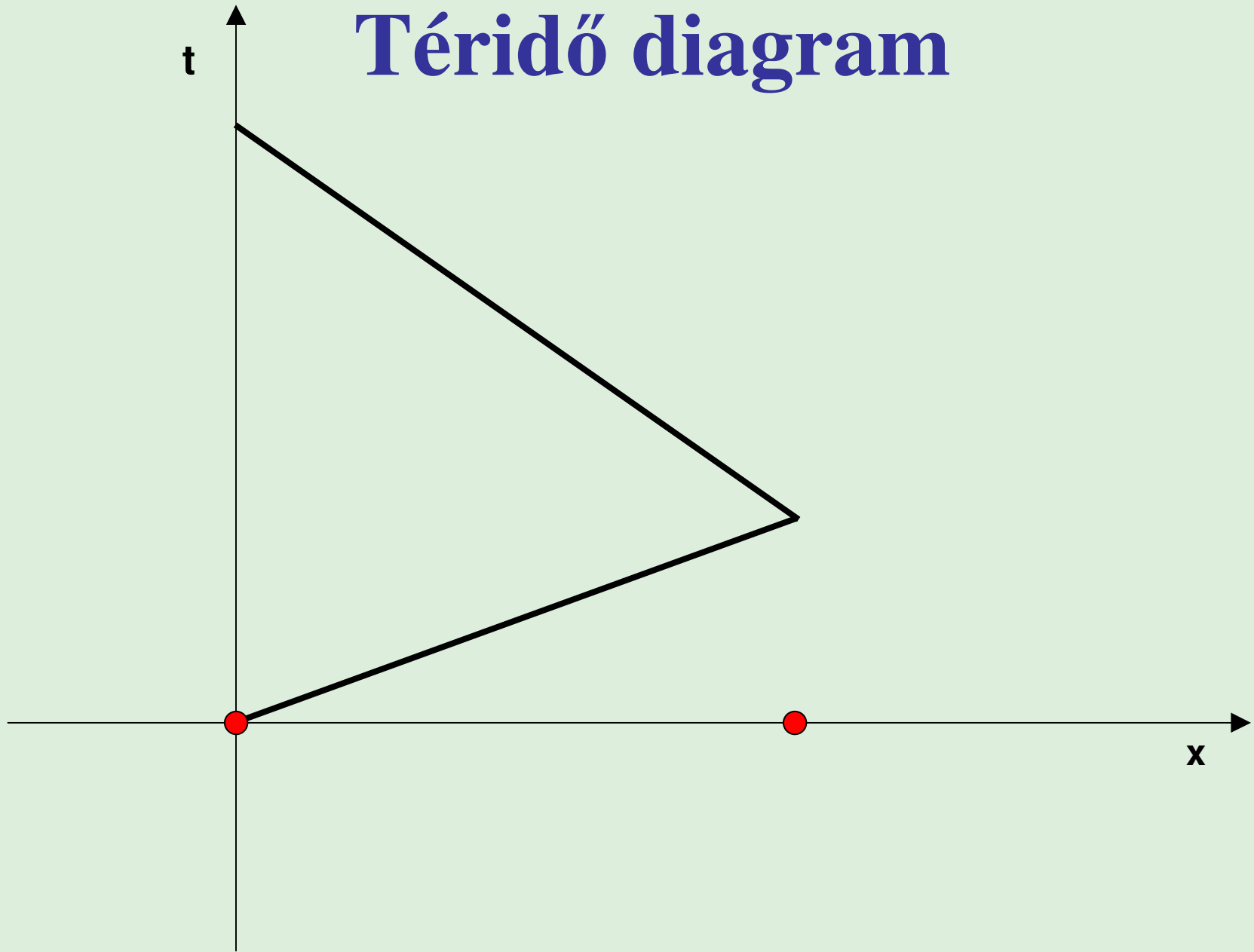
$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{xv}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

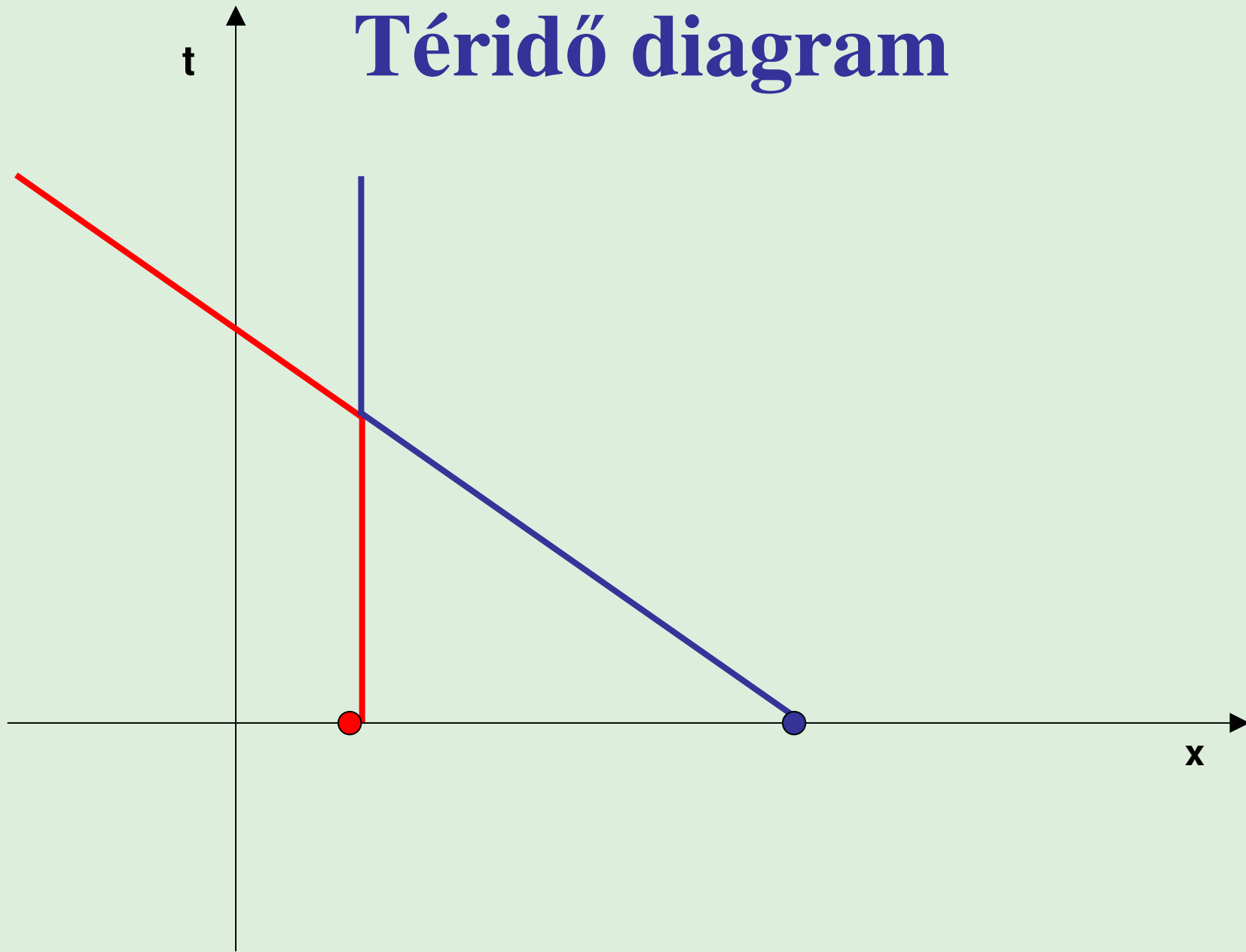
Téridő diagram



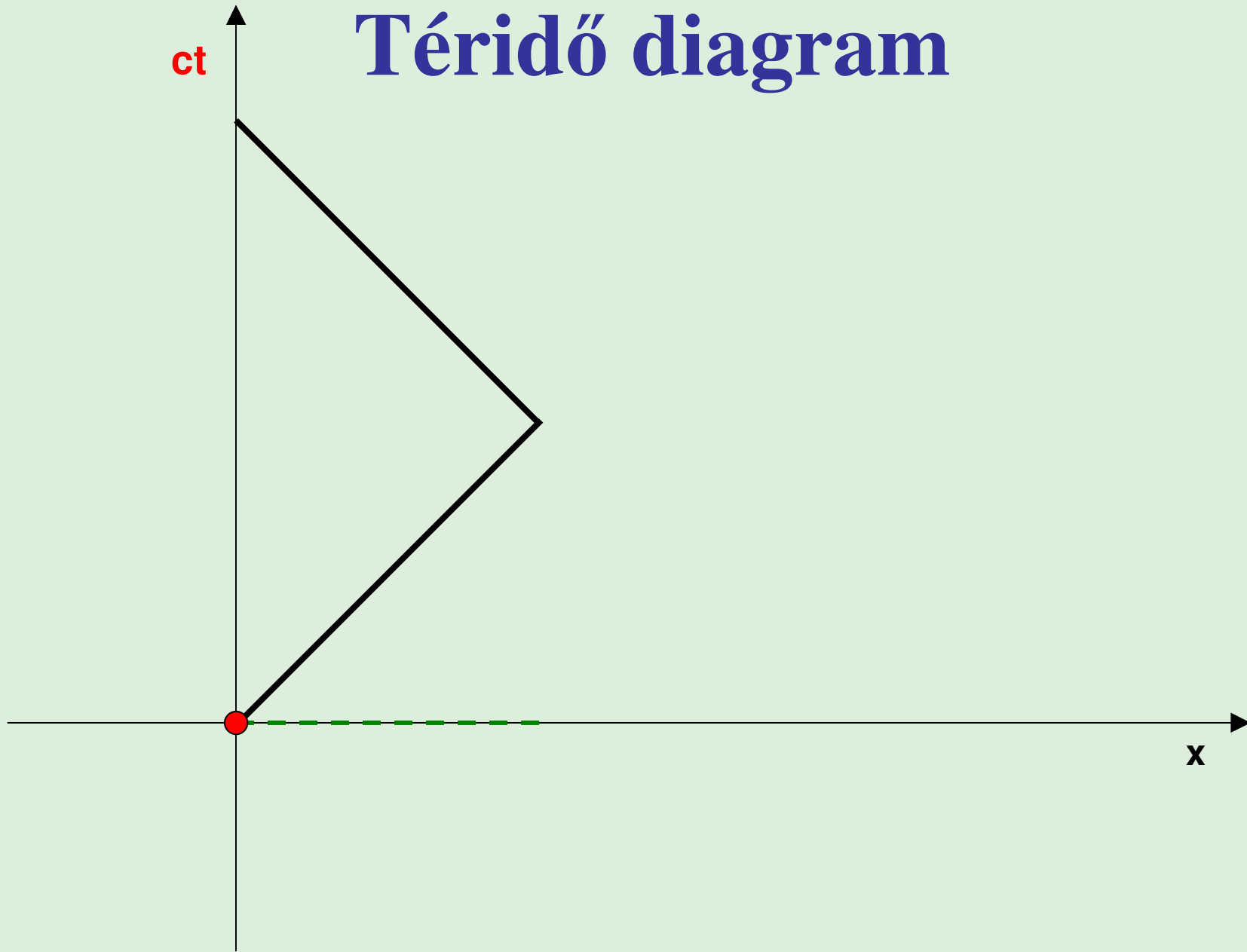
Téridő diagram



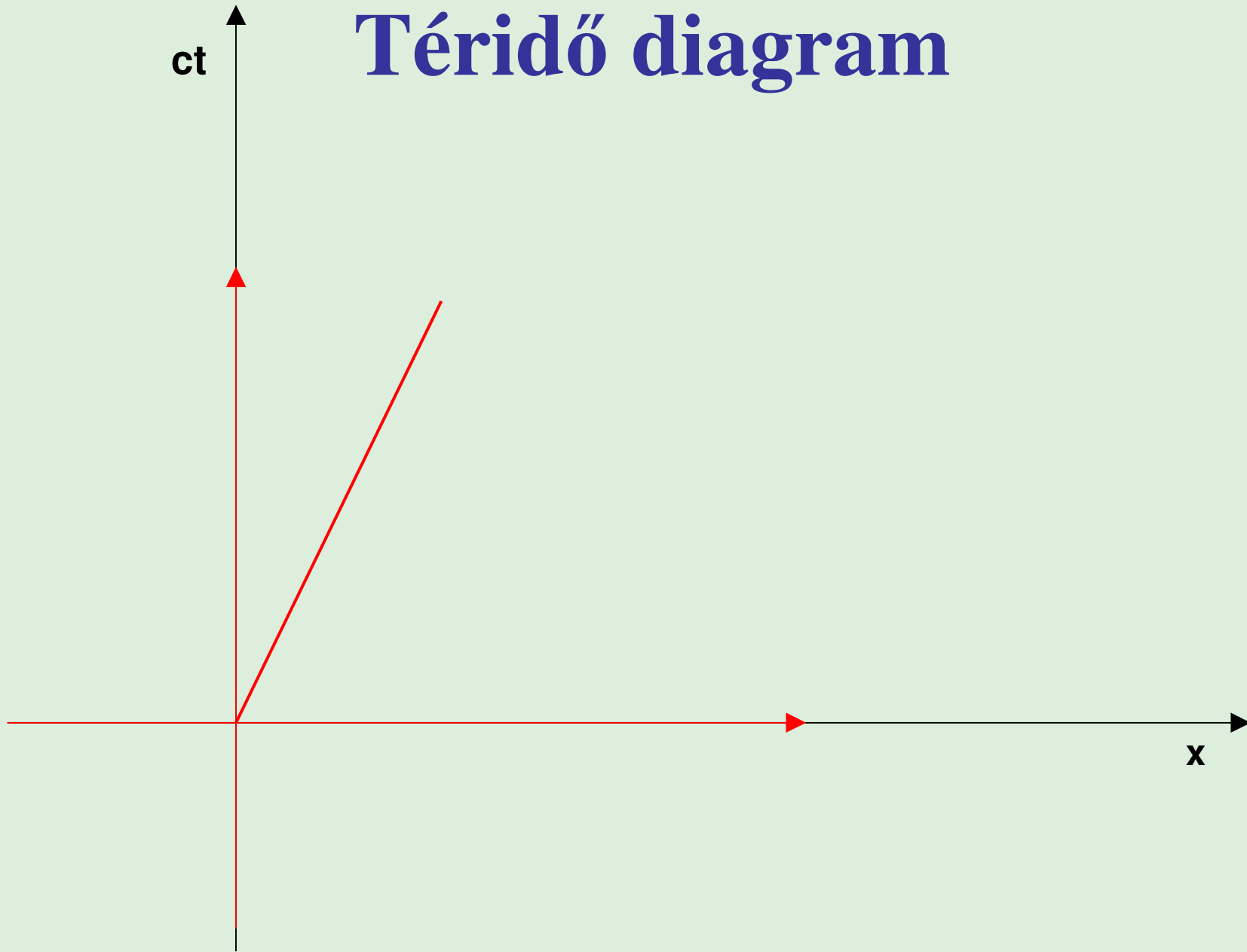
Téridő diagram



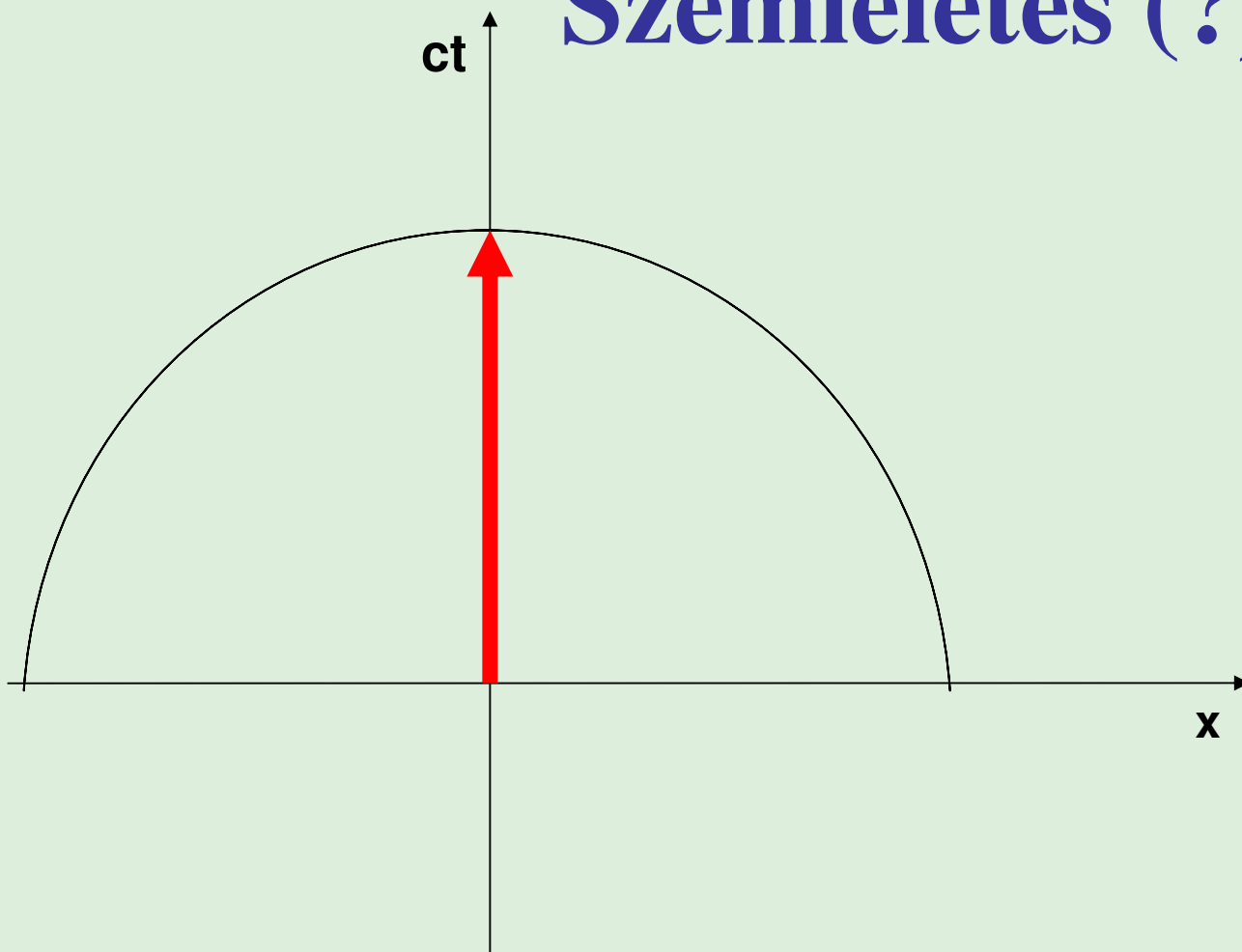
Téridő diagram



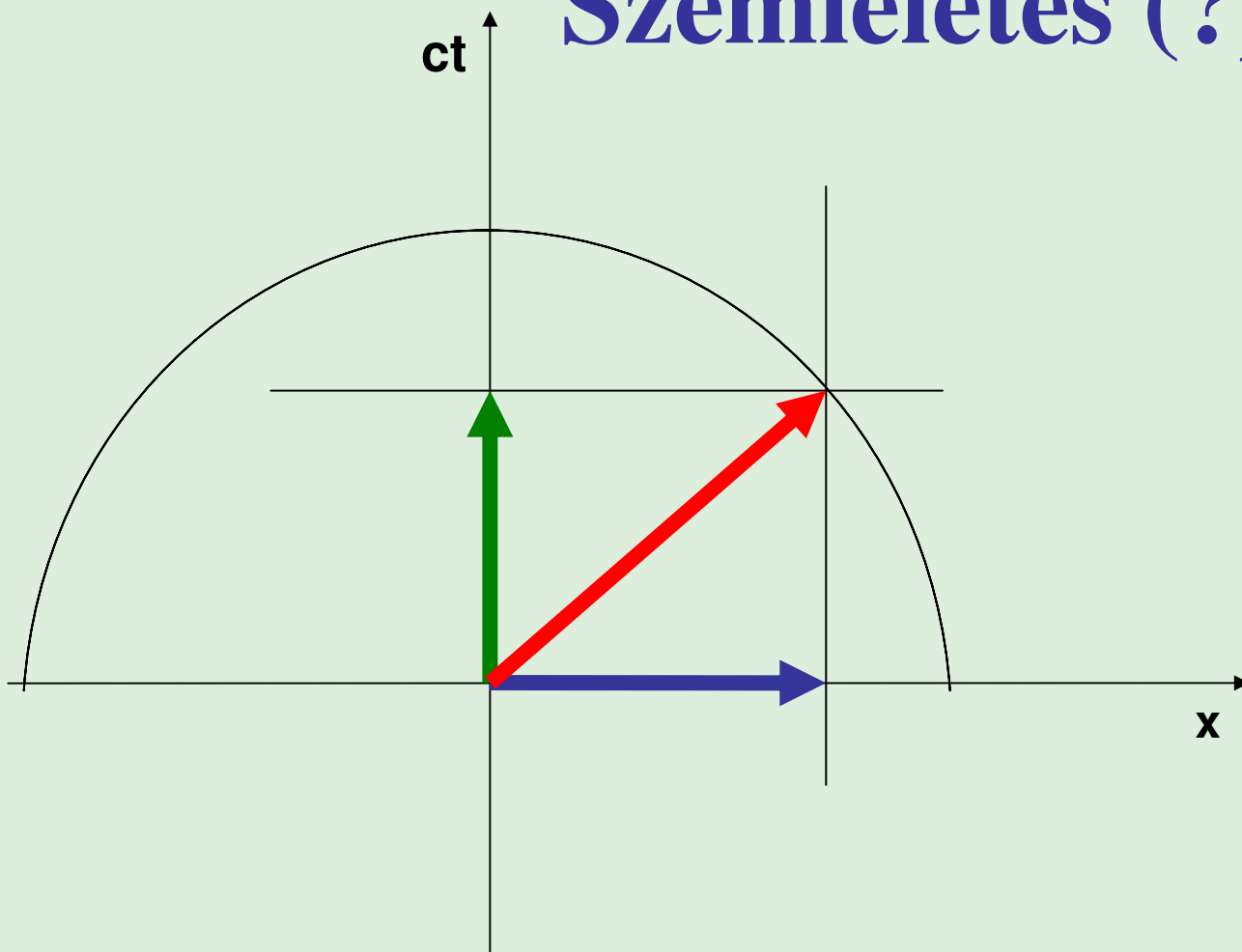
Téridő diagram



Szemléletes (?) kép



Szemléletes (?) kép



**Mit látnánk egy
relativisztikus
világban?**



U. Kraus, C. Zahn, Tübingen

Mit látnánk egy relativisztikus világban?



U. Kraus, C. Zahn, Tübingen

Kísérleti bizonyítékok



μ mezonok bomlása

Szabadelektron lézer hullámhossza

GPS

Naponta 7500 ns \Rightarrow 2,2 km tévedés!