

Idő @ fizika

**Fantáziánk edzése éppúgy
szkeptikus kötelesség, mint
a jártasság a logikában.**

**Már csak azért is, hogy
merész állításokkal szemben
se legyünk védtelenek.**

**Bíró Tamás Sándor
BME Szkeptikus Találkozó 2006**

Menü

- Idő és mozgás, antik paradoxonok
- naptár, óra, oszcillátor
- színpad, koordináta, paraméter
- egyidejűség, fénykúp, horizont
- időutazás, a fénynél gyorsabban
- szimmetria és megmaradás
- kvantumos elmosódás
- reverzibilitás, irreverzibilitás
- élet, nyelv, költészet

Platón, Zénón, Arisztotelész

Julius Caesar, Gergely pápa

Newton, Leibniz, Lagrange

Lorentz, Einstein, Minkowski

Feynman, Hawking, Thorne

Noether, Schrödinger, Wigner

Heisenberg, Rosen, Everett

Clausius, Boltzmann, Evans

Eddington: időirányok

A természet könyve a matematika nyelvén van megírva. (Galilei)

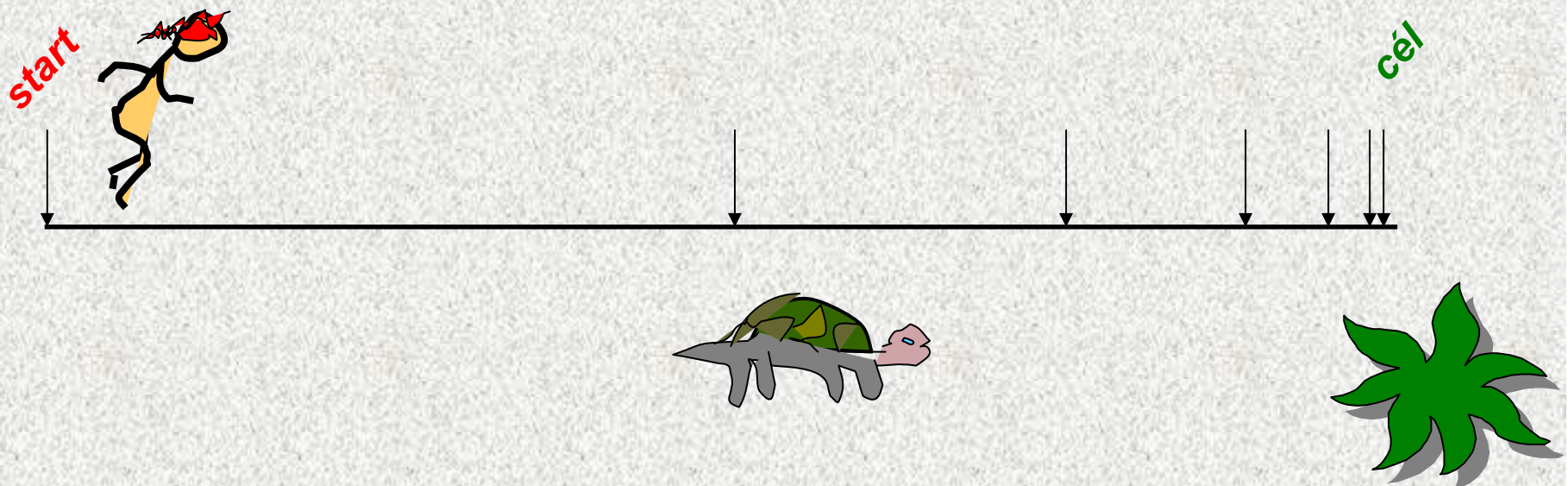
Az idő antik paradoxonjai

Oszthatóság:

Achilles és a teknősbéka,

a nyíl és a nyúl,

reklám-bón a csokoládében: $1.11111... = 10 / 9$



Az idő antik paradoxonjai

Atomosság vagy folytonosság:

hány homokszem van a tengerparton,
milyen hosszú Hellász partvonalala,
mi az idő atomja?

Platón: Az idő az örökkévalóság mozgó képe.

Arisztotelész: Nincs idő változás nélkül.



Az idő mérése

Periodikus (egyenletesen visszatérő) folyamatok:

nap, hold és csillagok: naptár,
homokóra, vízóra, ingaóra, rugós óra, atomóra
melyik óra a jó óra?



Leibniz: *Az idő az egymást követő dolgok rendje.*

Buddha: *A létező dolgok elmúlóak.*



Az idő mérése: naptárak

Napóra: deleléstől delelésig 24 óra, sziderikus év: 365.2422 nap

Föld forgása: kb. 23 óra 56 perc 4 másodperc (lassul dagályfékezés miatt)

Római naptár: 355 nap, extra hónap 2 ill. 4 évente (szaturnáliák)

Julius Caesar: 12 hó, 4 évente szökőnap; $1 \text{ év} = 365 + \frac{1}{4} \text{ nap} = 365.2500$

XIII. Gergely pápa (1582): $1 \text{ év} = 365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{100} + \frac{1}{400} = 365.2425$

(00 években nincs szökőnap, de mégis van, ha 400-zal osztható)

Meton holdnaptára: 19 évente 7 extra hónap, $(12 + \frac{7}{19}) \times 29.530589 = 365.2467$

(ez a formula ókínai, azelőtt valószínűleg babilóniai eredetű)

Omar Khayyam: 683 szökőév 2820 éves ciklusban, 1 nap / 2 M év pontos!

maya: 1 nap, 20 nap, 360 nap, 20×360 , $20 \times 20 \times 360$ nap:

2006. febr. 26. = 12.19.13.1.10 röviden 10 Oc 8 Kayab.

Atomórák (GPS) és delelés (UTC): szökőmásodperc (14 s 1980 jan.6. óta)

Az idő mérése: órák



© CRG-GPS, U. Laval



Atomóra: Cs 133, mikrohullámmal
9 192 631 770 Hz, 1 s 1.4M év alatt
GPS: 20 ns pontosság.

Napóra: 15 perc eltérés évszak szerint (elliptikus földpálya miatt)

Klasszikus mechanika

Állandó periódus $\rightarrow$ absztrakt, lineáris idő, mint referenciaparaméter

Newton: *Az abszolút idő magában, természeténél fogva egyenletesen, minden tárgyra való vonatkozás nélkül folyik.*

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{F}(\vec{r}(t), t) = m \frac{d^2 \vec{r}(t)}{dt^2}$$

Newton: pályák a színpadon, az idő díszlet, segédeszköz.

Galilei: az idő maga is koordináta, elvileg transzformálható.

Kant: *Az idő nem más, mint belső szemléletünk formája.*

Lenin: *Az idő a lét valóságos objektív formája...*

Klasszikus mechanika

A változás az időben zajlik: kényelmes referencia, de objektív-e?

Megmaradó mennyiségek: fizikai eseményekhez (pl. ütközés) képest.

Matematikai elmélet: időbeni megmaradás $\rightarrow$ időeltolási szimmetria.

$$\delta \int dt \left(\frac{1}{2} m \dot{\vec{r}}^2 - V(\vec{r}) \right) = 0 \quad \rightarrow \quad E = \frac{1}{2} m \dot{\vec{r}}^2 + V(\vec{r}) \text{ konstans}$$

Noether tétel: minden folytonos szimmetriához tartozik egy megmaradó mennyiség.

Hamiltoni dinamika: a fázistérben alsokaságok mentén folyik minden mozgás.

Az idő: rendezési paraméter (kauzalitás).

Relativitáselmélet

Az idő is koordináta, a vonatkoztatási rendszertől függ (Kantnak igaza van).

De maradnak invariáns időszerű tulajdonságok (talán mégse teljesen).

$$x' = x - vt - a, \quad t' = t - b \quad \text{Galilei}$$

$$x' = \gamma (x - vt) - a, \quad t' = \gamma (t - vx) - b \quad \text{Lorentz}$$

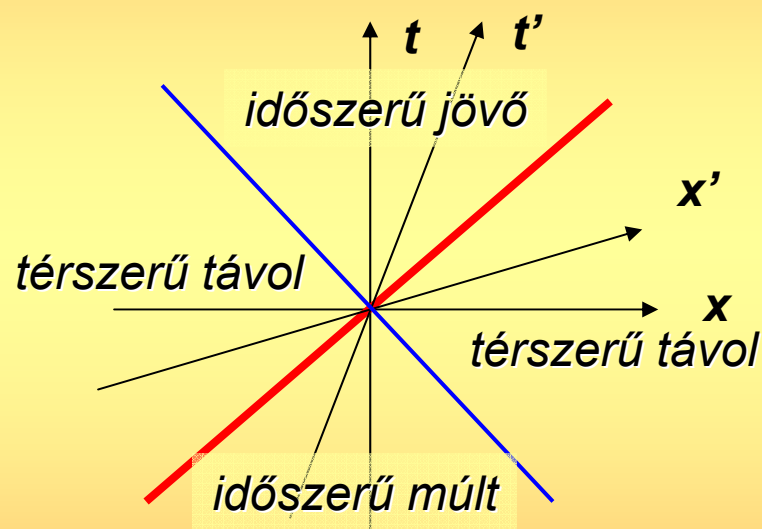
$$c = 1 \text{ fényév / év}$$

Nincs egyidejűség: Newton tévedett.

Definiálható sajátidő: a klasszikus mechanika lokálisan mégis működik.

Relativitáselmélet

A téridő geometriája hiperbolikus: van időszerű, fénszerű és térszerű.



$$t'^2 - x'^2 = t^2 - x^2$$

$$t = \pm x \Rightarrow t' = \pm x'$$

a jelen csak egy pont: lokális jelen

$$c = 1 \text{ fényév / év}$$

Einstein: Valamely fogalom a fizikus számára csak akkor létezik, ha megvan annak a lehetősége, hogy adott esetben megállapíthassuk, vajon helyes-e a fogalom, vagy sem. Tehát az egyidejűségnek olyan definíciója szükséges, hogy vele egyszersmind módszer birtokába jussunk, amellyel a jelen esetben kísérletileg dönthessük el, vajon két villámcsapás egyidejűleg történt-e, vagy sem.

Relativitáselmélet

A téridő lokális metrikája és a lokális (anyag-) energiatartalom összefügg.

Einstein – Hilbert hatás:

$$S = \int d^4x \left(R + L \right) \sqrt{\det g}$$

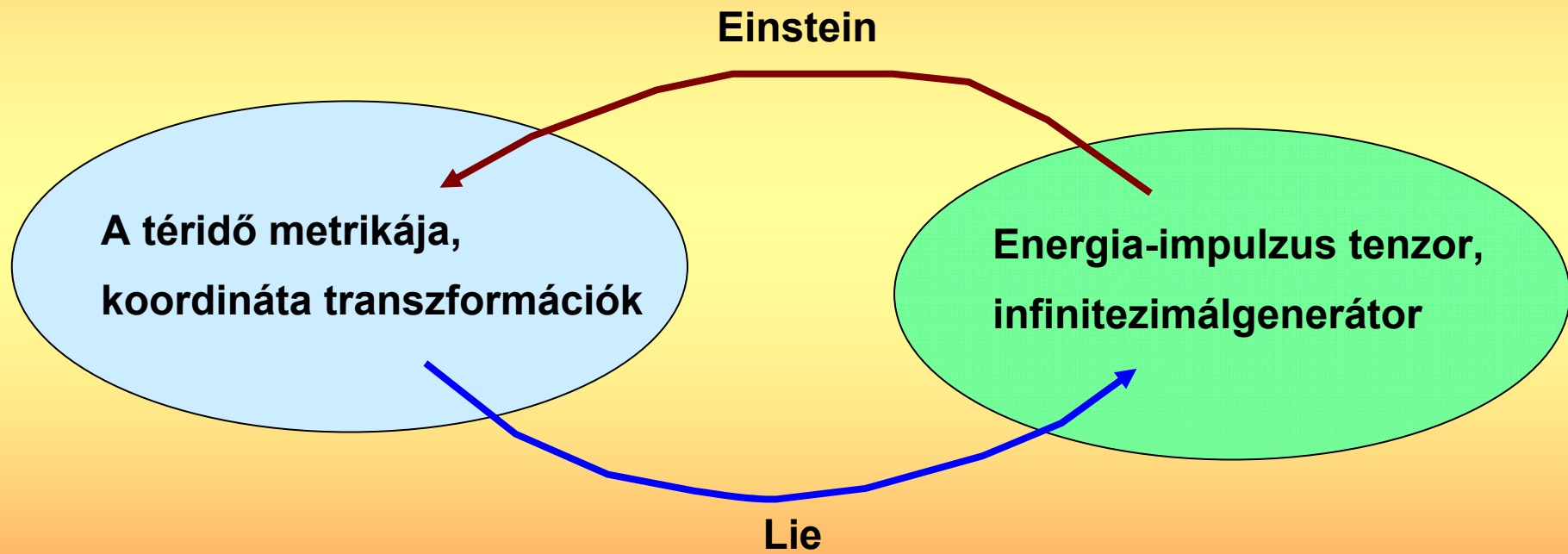
Az energia-impulzus tenzor kovariáns deriváltja zérus: a naiv energia nem marad meg, minden energiához gravitációs energia is tartozik.

Az idő(koordináta) lokális, átparaméterezhető, önkényes.

Az időszerűség már invariáns, csak valódi horizonton át változhat.

Vannak „rossz” (szinguláris) koordináták.

Relativitáselmélet



A téridő metrikája és az (anyag-) energiatartalom összefügg.

Relativitáselmélet++

Fénykúp: múlt, jelen, jövő... és még valami.

Relativisztikus tömegformula

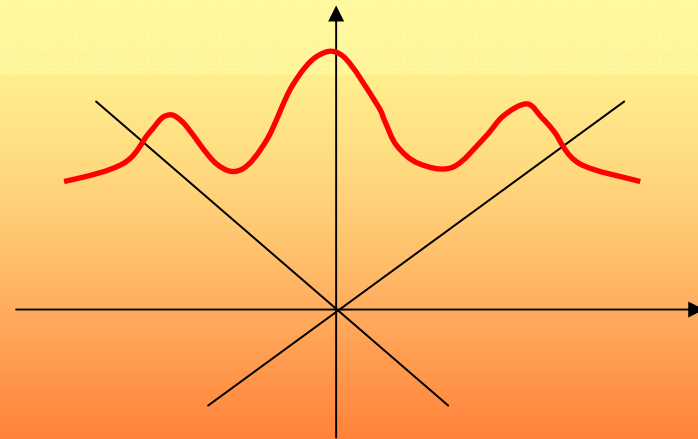
Klein-Gordon egyenlet

Feynman propagátor (időszerű
tartományban oszcillál, térszerű
tartományban exponenciálisan
csillapodik).

$$E^2 - p^2 - m^2 = 0, \quad \ddot{\Phi} - \Phi'' - m^2 \Phi = 0$$

$$G(t, x) = \int \frac{e^{\frac{i}{\hbar}(tE - xp)}}{E^2 - p^2 - m^2 + i\varepsilon} \frac{dE dp}{(2\pi\hbar)^2}$$

*QM: behatolás klasszikusan tiltott
tartományokba.*



Feynman:

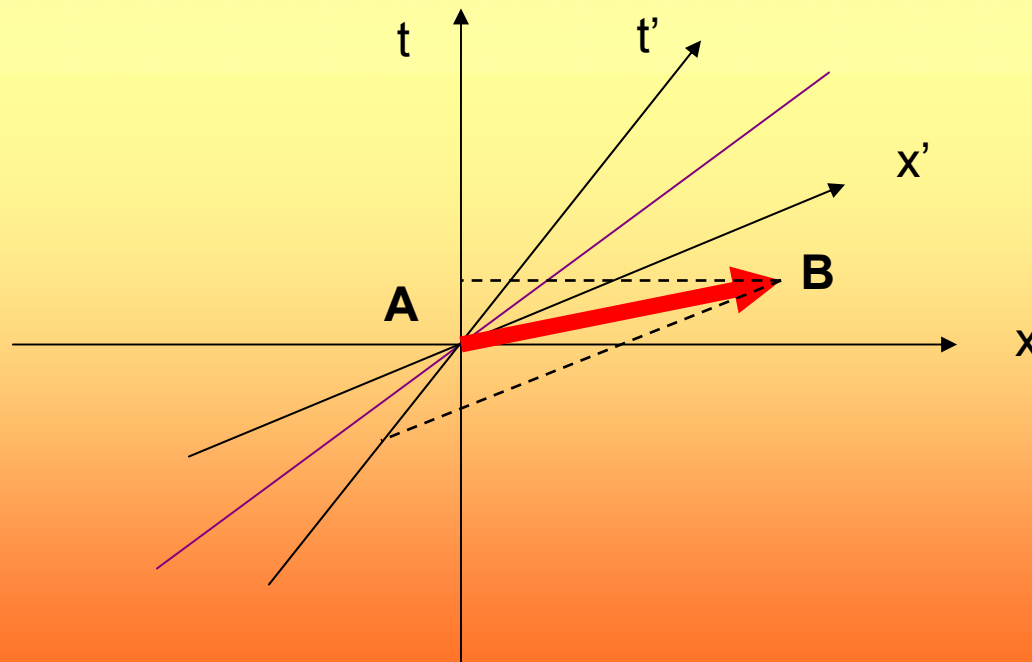
Minden pálya (a tiltott is!) valamilyen súllyal latba esik.

Relativitáselmélet++

Fénynél gyorsabb jel = a múltba küldött jel!

$$t_A = 0, \quad t_B = T, \quad x_A = 0, \quad x_B = wT$$

$$t'_A = 0, \quad x'_A = 0, \quad t'_B = \gamma (T - vwT), \quad x'_B = \gamma (wT - vT)$$



B az A jövője (t, x) -ben, de B az A múltja (t', x') -ben: FLT $\rightarrow$ időutazás.

Relativitáselmélet++

Annak feltétele, hogy ez bekövetkezzék, $w > c^2$.

Számpélda:

Pionhullám behatolási mélysége a fénykúp elé $\hbar/mc^2 = 1.4 \text{ fm}/c = 0.5 \cdot 10^{-23} \text{ sec}$
(az intenzitás itt kb. $\exp(-2) = 0.13$ -ad részére csökken.)

A szuperluminális jelsebesség $w / c = 1 + (1.4 \text{ fm})/cT$, ha T idő alatt ér oda.

A CERN SPS gyorsítón a proton Lorentz faktora kb. 20 ($v/c = 0.99875$).

Mi vagyunk a (t', x') rendszer, a kibocsátó proton a (t, x) rendszer.

Mi a jel eme fénykúp előtti hullámát $t' = T / 40 - 10^{-22} \text{ sec}$ -kor észleljük.

Ha a detektor oly közel lenne, hogy $T < 4 \cdot 10^{-21} \text{ sec}$, ($x' < 56 \text{ fm}$) akkor a klasszikus kibocsátási idő előtt elkezdené megszólalni a detektor.

Mi történik valójában?

A kvantummechanika delokalizál, a relativitáselmélet keveri az idő- és a térkoordinátákat, ezért az események ideje is delokalizálódik.

Időutazás: a gondolat rövid története

- 1895. H.G.Wells: The Time Machine
- 1905. Albert Einstein: speciális relativitáselmélet
- 1908. Einstein: gravitációs időlassulás
- 1915. Einstein: általános relativitáselmélet
- 1916. Karl Schwarzschild: fekete lyuk megoldás
- 1917. Einstein: kozmológiai konstans
- 1935. Einstein-Rosen átjáró (híd)
- 1948. Kurt Gödel: zárt időszerű görbe forgó univerzumban
- 1948. Casimir effektus; van a vákumban energia? Mi a vákum?
- 1957. John Wheeler: lehetnek féregjáratok távoli helyek között
- 1957. Hugh Everett: multiverzum (1990. Sliders)
- 1963. BBC: Doctor Who, Roy Kerr: forgó fekete lyukban időhurok
- 1974. Cygnus X1 röntgenforrás; talán fekete lyuk?
- 1985. Vissza a jövőbe; Carl Sagan: Kapcsolat
- 1989. Kip Thorne: időhurkok féregjáratokon át
- 1990. Stephen Hawking: a kronológiai védelem ötlete

Időutazás: érvek és ellenérvek

1. Féreglyuk lehetővé teszi a zárt időszerű görbét (*Thorne*).
2. Kronológiai védelem: „nincs időutazás” természettörvény (*Hawking*).
3. Hol vannak az időturisták? *Carl Sagan* válaszai erre: még nem találtuk fel az időgépet és 1) csak a jövőbe lehet utazni, vagy 2) túl drága a múltba utazás és csak a távoli jövőből indulhatnak, vagy 3) csak az időutazás felfedezési időpontjáig lehet visszautazni a múltba, vagy 4) itt vannak az időutazók csak nem látjuk vagy félreismerjük őket, vagy 5) az időutazás ugyan lehetséges de olyan fejlett technikát kíván, amit az emberiség sosem fedez fel, mert már előtte elpusztítja önmagát. *Isaac Asimov*: az időutazók (a halhatatlanok) maguk tették lehetetlenné az időutazást miután választottak az emberiségnek egy megfelelően sikeres történelmet.

Időutazás: a fő paradoxonok

1. Oksági paradoxon: pl. saját ős megölése a múltban. Megoldási javaslat: konzisztens időhurkok.
2. Sokszorozódási paradoxon: pl. randevú önmagunkkal. Baj: megmaradó mennyiségek, pl. töltés, megsokszorozható lenne. Megoldási javaslat: multiverzum Riemann leveleken.
3. Információs paradoxon: pl. egy jövőbeli találmány ötletének a múltba lopása. Honnan jött az ötlet? Csökken az entrópia! Megoldás: ???

Kvantumfizika

Az időeltolás (elmúlás) infinitezimális generátora

$$\text{Taylor} \quad f(t+a) = f(t) + a \dot{f}(t) + \dots = e^{a\partial/\partial t} f(t)$$

$$\text{Lie} \quad f(t+a) = e^{-\frac{i}{\hbar} a \hat{H}} f(t), \quad \text{Schrödinger} \quad \hat{H}f(t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} f(t)$$

Időfüggő operátorok és megmaradás

$$\hat{H}(\hat{O}f) = i\hbar \frac{\partial \hat{O}}{\partial t} f + i\hbar \hat{O} \frac{\partial f}{\partial t}, \quad \hat{O}(\hat{H}f) = i\hbar \hat{O} \frac{\partial f}{\partial t}$$

$$[\hat{H}, \hat{O}]f = i\hbar \frac{\partial \hat{O}}{\partial t} f \Rightarrow i\hbar \frac{\partial \hat{O}}{\partial t} = [\hat{H}, \hat{O}] \quad \text{Neumann}$$

Noether tétel:

Poincaré csoport 10

generátor, 10 megmaradó

mennyiség (energia,

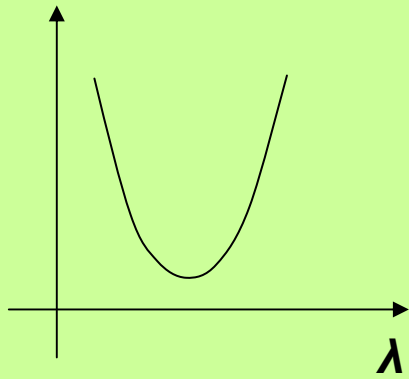
impulzus, impulzusmomentum,

tömegközépponti mozgás sebessége → Newton I.)

$$i\hbar \frac{\partial \hat{H}}{\partial t} = [\hat{H}, \hat{H}] = 0. \quad \text{Wigner}$$

Kvantumfizika

Várható érték, fluktuáció, (kvantum)bizonytalanság



$$U = A + i\lambda B, \quad \lambda \text{ valós, } A \text{ és } B \text{ hermitikus}$$

$$\Delta(U^\dagger U) = \Delta A^2 + i\lambda \langle [A, B] \rangle + \lambda^2 \Delta B^2 \geq 0$$

Teljesül minden λ -ra, ha a diszkrimináns

$$\langle i[A, B] \rangle^2 - 4\Delta A^2 \Delta B^2 \leq 0.$$

Példák, külön esetek:

$$H = \frac{p^2}{2m} + V(x)$$

$$[p, x] = \hbar / i \Rightarrow \Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar / 2$$

$$[H, x] = \hbar p / im \Rightarrow \Delta x \cdot \Delta E \geq \hbar |\langle p \rangle| / 2m$$

$$[H, p] = -\hbar V'(x) / i \Rightarrow \Delta p \cdot \Delta E \geq \hbar |\langle F \rangle| / 2$$

Kvantumfizika

De nincs időoperátor a kvantumfizikában!

Kvantumóra-operátor (Orosz László): $T(t) = \frac{A}{\langle dA / dt \rangle},$

$$i\hbar \frac{dA}{dt} = [H, A] \Rightarrow \Delta A \cdot \Delta E \geq \hbar \left| \langle \dot{A} \rangle \right| / 2$$

$$\Delta T \cdot \Delta E \geq \hbar / 2$$

Megjegyzés: Fizikailag a $\langle T(t) \rangle$ mért időtartamnak van maximális pontossága, de ennek matematikai eredete más, mint a szokásos kvantumbizonytalanságé.

Probléma: a Lorentz transzformáció keveri az x operátort és a t nem-operátort?!

Térelmélet: itt az x sem operátor... ☹

Termodinamika

A termodinamika második főtétele: az idő iránya

„Semmi sem biztos az életben, kivéve a halált, az adót és a termodinamika második főtétele. Mindhárom olyan folyamat, amelyben valamely mennyiség, mint az energia vagy a pénz, hasznos illetve hozzáférhető formáit ugyanazon mennyiség haszontalan, hozzáférhetetlen formáivá alakítjuk át. Ez nem jelenti azt, hogy ezeknek a folyamatoknak ne lennének jótékony mellékhatásaik: az adóból utak és iskolák épülhetnek; a termodinamika második főtétele megszabja az autók, kompjúterek és az anyagcsere működését; s a halál végül megnyithat egy-két egyetemi tanári állást.

/Seth Lloyd, Nature 430, 971, 2004./

Termodinamika

Carnot 1824: a hő mechanikai munkavégzésének hatásfoka a hőmérséklet különbségétől függ.

Joule: az energia megmarad.

Clausius: a hő spontánul a melegebb testről a hidegebbre áramlik (1850), az entrópia definíciója (1865).

Kelvin + Planck: lehetetlen egy olyan gép, amelyik 1) ciklikusan működik, 2) egyetlen tartályból vesz fel hőt és 3) nettó hasznos munkát végez.

Maxwell: egy démon válogathat a molekulák közt (1871)

Boltzmann: H-tétel, mikroreverzibilis dinamika növekvő entrópiát ad.

Shannon: információs entrópia, Rényi: általánosított entrópiaképlet,

Einstein: Brown mozgás, Fokker-Planck, Langevin, Kolmogorov

Cohen+Evans+Morris: az entrópia növekedése exponenciálisan valószínűbb a csökkenésénél.

Termodinamika

$$S = k \cdot \log W$$



Termodinamika

$$\dot{f}_1 = \int_{234} w(f_3 f_4 - f_1 f_2)$$

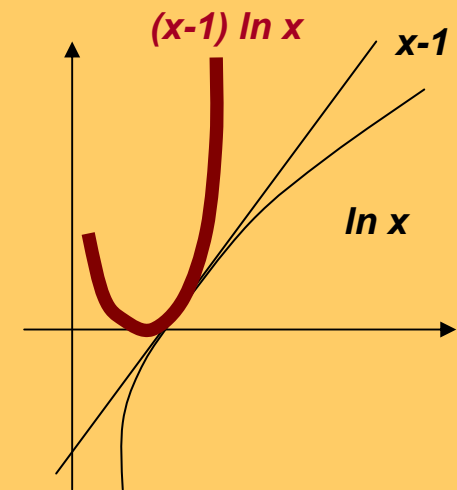
statisztikai függetlenség az ütközés **előtt**

$$\dot{S} = \int_1 -\dot{f}_1 \ln f_1 = \int_{1234} -w(f_3 f_4 - f_1 f_2) \ln f_1$$

$1 \leftrightarrow 2, 3 \leftrightarrow 4$ részecske szimmetria

$1 \leftrightarrow 3, 2 \leftrightarrow 4$ mikro - megfordíthatóság

$$\dot{S} = \int_{1234} \frac{1}{4} w f_1 f_2 \left(\frac{f_3 f_4}{f_1 f_2} - 1 \right) \ln \frac{f_3 f_4}{f_1 f_2} \geq 0.$$

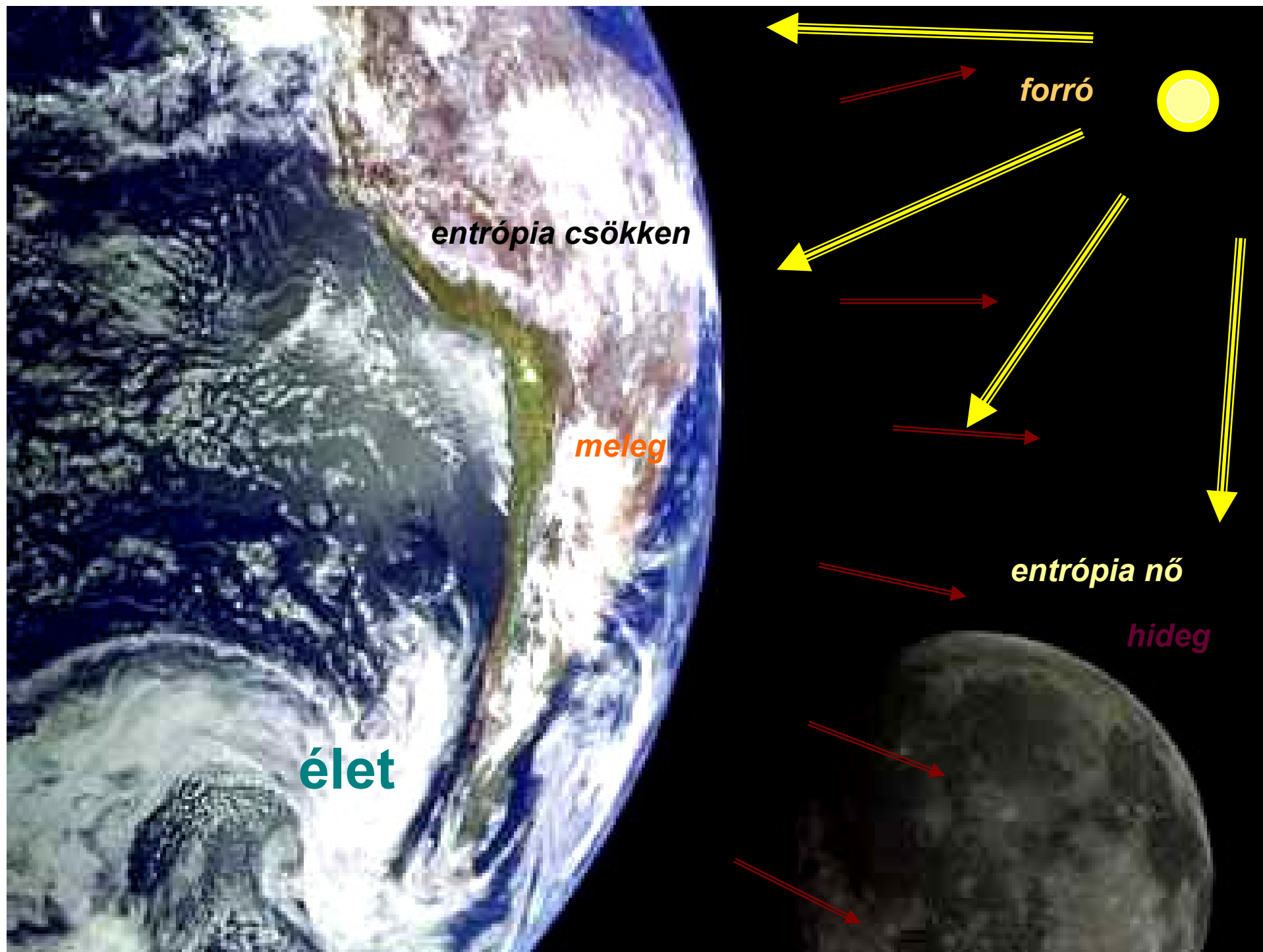


Termodinamika

Furcsaságok:

- * van anti-H tétel (a szorzatszabály az ütközés után érvényes, az entrópia csökken vagy konstans),
- * a mérésfolyamat kvantumfizikai leírásában a „beugrás” kevertből tiszta állapotot hozna létre (az entrópia ekkor csökken!)
- * evolúció, élet lehet spontán folyamat; egy energiával bőségesen átmosott rendszerben az entrópia lokálisan csökkenhet (de azért van kozmikus méretű hőszennyezés)
- * entrópikus zene (Flanders and Swann)

Kauzalitás: az entrópiánövekedés minden levezetése feltételezi, hogy a $P(t)$ valószínűség a múltbeli valószínűségek ismeretében egyértelműen számítható és a múltbeli állapot egyszerűbb volt.



Lexikon

Lexikon der Physik: Zeit (idő) az anyag mozgásának leírásához használt alapfogalom. ... A newtoni abszolút idő tévedés. Einstein megmutatta, hogy nincs egyidejűség (spec. rel.) és maga a téridő lokális struktúrája az anyagtól függ (ált. rel.)... Térszerű távolságban levő események között nincs rendezés (előbb vagy utóbb)... A fénykúpon belül viszont lehetséges egy időirány kijelölése a mozgó testek világvonalai mentén...

Zeitpfeil (időnyíl): Sir Arthur Eddington által bevezetett elnevezés olyan jelenségekre, amelyek kitüntetnek egy időirányt.
Pl. sugárzási időirány, termodinamikai időirány,
kvantummechanikai időirány és kozmológiai időirány.

Időirányok

születés → halál

rend → rendetlenség

sugárzó → stabil (izotóp)

kevés ős → sok utód

forrás → hullám

olcsó → drága

ósdi → modern

koherens → dekoherens

forró és sűrű → hideg és tágas (univerzum)

- *Melyik az alapvető időirány?*
- *Miért tűnik egyes esetekben fordítottnak?*
- *Létezhet-e egyszerre több, ellentétes időirány?*
- *Mi okozza az idő irányát?*
- *Dinamikai törvény vagy kezdőfeltétel?*

Az idő folytonos?

- Van-e időkvantum (legkisebb időugrás)?

Planck skála: a Compton hullámhossz távolságán a Newtoni gravitációs potenciál eléri a nyugalmi energia nagyságát...

$$r = \hbar / mc, \quad Gm^2 / r = mc^2, \quad t = r / c$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\hbar G / c^5}$$

$$mc^2 \approx 10^{20} \text{ GeV}, \quad \hbar c \approx 0.2 \text{ GeV fm}$$

$$t \approx 6 \cdot 10^{-45} \text{ s.}$$

Kvantumgravitáció

Kanonikus kvantálás: (*deWitt, Wheeler, Ashtekar*)

$H \psi = 0$; az üres téridő hullámfüggvénye a 3 dimenziós tér metrikájának a függvénye, több mellékfeltételt is ki kell elégítenie. **VAN LEGKISEBB TÁVOLSÁG!**

Húrelmélet: (*Weinberg, Green, Schwarz, Witten*)

nincs pont, csak húr vagy membrán
több mint négy dimenzió (26 ill. 10)
a 'felesleg' spontán felgöndörödik

Stohasztikus kvantálás: (*Parisi*)

második idő-dimenzió

Az idő furcsaságai

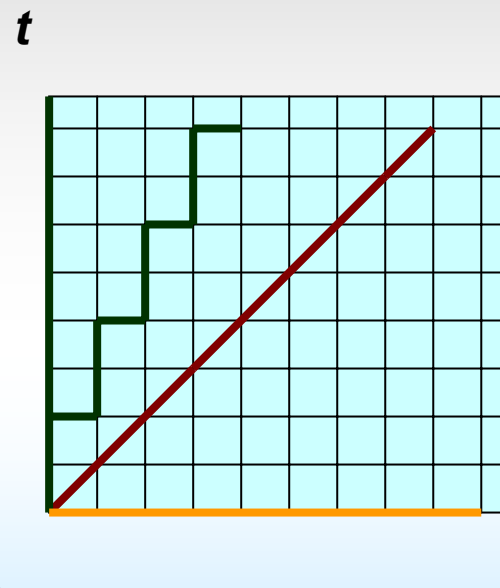
- Az idő atomjai: téridő-rács

András Ferenc Fizikai Szemle 2005/9, 328;

- 1) a téridő (szabályos) rács /ténykérdés/
- 2) rácspont nem ugorható át /ténykérdés/
- 3) t mindig telik, míg x állhat /szemléleti kérdés/

van határsebesség ($|x| \leq t$)

„Megállhat az idő?”



Az idő – nyelvтанilag

- Múlt, jelen, jövő... és még?

Indogermán: befejezett múlt, a jövőről a múltban, folyamatos és befejezett jelen, idézett és kétségbevont állítások, feltételes módok lehetséges és lehetetlen feltétellel, kategorikus imperatívusz

Temporál: a jövőre emlékezve, kiigazított múlt, meg fogom tenni amit már megtettem, de ez kihat(hat) arra, hogy megteszem-e, fraktális jövőidő és bizonytalan múltidő, elérhetetlen jelen...

Megáll az idő. Rohan az idő. Time flows. Az idő telik és múlik.



Az idő – idézetekben

„Míg állni látszék az idő, bár a szekér haladt.” (Petőfi: Füstbe ment terv)

„Nem az idő halad, mi változunk.” (Madách: Az ember tragédiája)

*„...egykedvű, örök eső módra hullt,
szüntelenül, mi tarka volt, a mult.” (József Attila: A Dunánál)*

*„A pillanatok zörögve elvonulnak,
de te némán ülsz fülemben.
Csillagok gyúlnak és lehullnak,
de te megálltál szememben.” (József Attila: Óda)*

*„És fölnéztem az est alól
az eget fogaskerekére –
csilló véletlen szálaiból
törvényt szőtt a múlt szövőszéke
és megint felnéztem az égre
álmaim gőze alól
s láttam, a törvény szövedéke
mindig fölfeslik valahol.” (József Attila: Eszmélet)*

Mi kell a fizikai időfogalomhoz?

- 1) Legyenek szeparálható (lokalizálható) események**
- 2) Legyenek többszörösen és egyenletesen visszatérő eseménysorozatok (órák)**
- 3) Legyen eljárás az órák összehasonlítására (időmérés) és szinkronizálására (jeladás)**

Következmények:

- 1)** Az idő paraméter: nem mérhető közvetlen hatásai, csak referencia. Az idő maga nem változtat csak különböző változások mértékéül szolgál.
- 2)** Az idő nem objektív, csak a valóban megtörténő és egymásra ható események. Ezek, amíg távolhatás nincs, az időnek csak lokális definícióját teszik ellenőrizhetővé. A lokalizálhatóságnak viszont gátat szab a kvantummechanika.
- 3)** Változó anyagi világban az időmérések maguk is változhatnak. Különböző világvonalak mentén eltelt sajátidő két találkozás között különbözhet egymástól.

Ami nem kizárt:

- 1)** Időben delokalizált események kis részében meglepő, a zömtől eltérő sorrend.
- 2)** Kis valószínűségű, átmeneti spontán entrópia-csökkenés véges rendszerekben.
- 3)** Kvantum alagutazás a fénynél gyorsabban.
(Ez nem jár információ-továbbítással.)
- 4)** Az időszerű és térszerű koordináták szerepcseréje.

Időutazás: lehet, hogy nem lehetetlen?

- 1. Ha mégis lehetetlen, akkor sem értjük a lehetetlenség mechanizmusát. Melyik ma ismert természettörvény tiltja meg? (A kronológiai védelem a -1. főtétele?)**
- 2. Ha lehetséges, akkor a kauzális s egyéb paradoxonokat konzisztensen korlátozni kell. Ez lehet akár méretkorlát is, de ebben az esetben az időutazás nem praktikus.**
- 3. Ha emberi méretben is lehetséges lenne, akkor viszont ismeretlen a technológiája. S az is kérdés marad, hogy vajon hol és mikor, és milyen áron lehetséges.**

Mennyire praktikus mindez?

- 1)** A jellemző kvantumos méret nagyon kicsi (pl. 10^{10} atom tesz ki egy métert). Kvantumjelenségre emberi méretekben a Világegyetem koránál jóval tovább várhatunk.
- 2)** Az emberi (és üzleti) világ szabadsági fokainak száma nagyon nagy (10^{23}). Statisztikus (atom-) fizikai előrejelzés véletlen kivételeire a Világegyetem koránál jóval tovább várhatunk.
- 3)** Az energia az idő múlásának generátora. Kovariáns megmaradását a fogalom konstrukciója biztosítja. Ez az energia nem tud nem megmaradni. Ez a tapasztalat.
- 4)** A kvantumfizika nem teszi érvénytelenné a klasszikus fizikát a maga hatókörében. A szünetben kéretik a termet nem a falon át elhagyni!

Tudósok jövőbeli technológiákról:

A telefonnak túl sok hiányossága van ahhoz, hogy komolyan a kommunikáció eszközének tekintsük. Ez az eszköz számunkra értéktelen. (Western Union internal memo 1876)

A levegőnél nehezebb repülő gép lehetetlen. (Lord Kelvin 1895)

Mindent feltaláltak már, amit fel lehet találni. (US Patent Office, 1899)

A repülőgép érdekes játék, de katonailag értéktelen. (Ferdinánd Fock francia marsall 1918)

A drótnélküli zenedoboznak elképzelhetetlen, hogy piaci értéke legyen. Ki fizetne egy olyan üzenetért, ami senkinek sem szól? (David Samoff asszisztense 1920)

Ki a fene akarja hallani, hogy mit beszélnek a színészek? (Harry M. Warner, Warner Bros, 1927)

Azt hiszem talán öt kompjúterre van igény a világon. (Thomas Watson, az IBM elnöke, 1943)

Senkinek sincs oka arra, hogy otthonában tartson számítógépet. (Ken Olsen, a DEC elnöke, 1977)

Idő @ fizika



**Fantáziánk edzése éppúgy
szkeptikus kötelesség, mint
a jártasság a logikában.**



**Már csak azért is, hogy
merész állításokkal szemben
se legyünk védtelenek.**