

# Mérések, mérési hiba

Kormányos Andor

Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

2023. március 2.

## Kísérlet:

- bizonyos mennyiségeket mérünk, általában más mennyiségek függvényében
- magyarázat: egy elméleti törvény, amely összefüggéseket feltételez a mérhető mennyiségek között
- az elmélet általában tartalmaz valamilyen fizikai konstansokat vagy paramétereket

## Kérdések:

- a kísérlet alapján mennyire lehetünk abban bizonyosak, hogy a feltételezett elmélet leírja a mérési eredményeket
- mi az elméleti modellben előforduló konstansok/paraméterek értéke

# Mérési adatok

A méréseket műszerrel végezzük, aminek van

- mérési tartománya
- mérési pontossága

A mért értékek emiatt lehetnek

- valódi mért értékek, valamilyen hibával terhelve
- felső korlátok, alsó korlátok

A mért értékek hibákkal terheltek:

- a műszer “felbontásából” eredő *leolvasási hiba*
- a műszer kalibrációjából eredő *szisztematikus hiba*
- a műszer véletlenszerű működéséből eredő *statisztikus hiba*

# Egy kísérlet eredménye becsült hibával

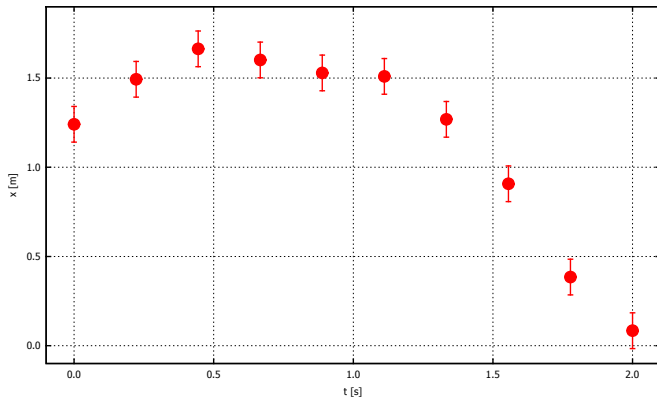


Figure: Fizikai folyamat az idő függvényében, mérési hibával

# A leolvasási hiba

A leolvasási hiba a műszer számbábrázolásából adódik

- A digitális kijelzőn véges sok tizedesjegy van

Csökkenteni jobb felbontású műszerrel lehet.

Példa:

- Egy műszer két tizedes jegyet ír ki, ekkor a leolvasási hiba  $\pm 0.005$

# A szisztematikus hiba

- a műszer kalibrációjának pontosságából jön
- mindig hozzáadódik a méréshez
- lehet állandó: ekkor nullponti hibáról van szó
- de függhet a mért értéktől is
- statisztikus módszerekkel nem lehet tőle megszabadulni

Csökkentéséhez a műszert kalibrálni kell.

# A statisztikus hiba

Ugyanolyan feltételek mellett, megismételt méréskor (kicsit) más értéket mérünk. A statisztikus hiba a mérés jellegéből adódóan *véletlenszerű*

- tökéletlen műszer
- a műszer érzékeny lehet külső, random tényezőkre
- ezek valamilyen háttérzaj jellegű tényezők, sosem közvetlenül a mért folyamatból erednek
- akkor is jelentkezők, ha a műszer be van kapcsolva, de nem mérünk vele semmit

Csökkentéséhez a műszert hűteni, elektromágnesesen árnyékolni, stb. kell.

# Mérési hiba és a zaj

A *mérési hiba* és a *zaj* nem feltétlenül ugyanaz

- a mérési hiba a műszer tökéletlensége
- a zaj lehet a mért fizikai folyamat saját tulajdonsága
- ezért sokat elárulhat a fizikai folyamatról is  $\Rightarrow$  tekinthető a “jel” részének
- az ilyen zaj jellegű folyamatokat valamilyen **statisztikus eloszlással** lehet jellemezni, pl Poisson eloszlás



# Példák zaj jellegű ingadozásokra

## PI. CCD detektor sörétzaja

- egy távcső kamerája nagyon halvány galaxisokat rögzít
- a CCD detektor képes megszámolni a beérkező fotonokat
- egy perc alatt nagyon kevés foton érkezik
- a fotonok nem azonos időközönként érkeznek
- emiatt a percenként detektált fotonok száma minden percben más és más
- tehát a zaj abból ered, hogy az elektromágneses sugárzás diszkrét csomagokban érkezik (kvantált)

## PI. sörétzaj áramkörökben

- az elektron töltés diszkrétisége miatt
- pl nagyon kicsi a áramokat mérünk, alacsony hőmérsékleten, akkor a relative nagy ingadozások erre vezethetőek vissza
- de általában vannak egyéb zajforrások is az áramban

# Kvantumjelenségek határozatlansága

PI ha energiát mérünk nagy felbontással, akkor a mért érték egy adott energia körül fog szórni.

- ez a fizikai folyamat sajátos, kvantumjelenség
- nem mérési hiba vagy zaj

Példa:

- Egy spektrométer az izotóp emissziós gamma-vonalait méri. A vonalak kiszélesednek a természetes vonalkiszélesedés jelensége miatt.