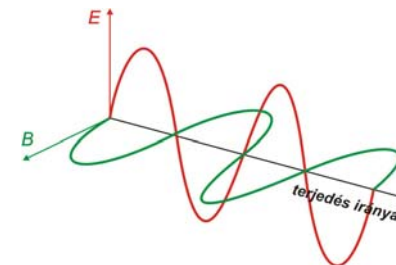


## Fényszórás mérése

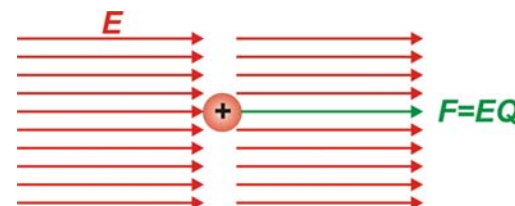
A megfigyelhető jelenségek



## A jelenség magyarázata



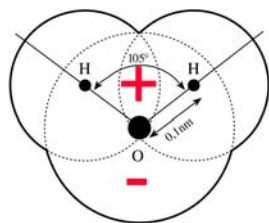
A fény  
elektromágneses  
hullám.



Az elektromos tér  
töltésekre  
erőhatást fejt ki.

## A dipólus keletkezése

**Dipólusok:** a pozitív és a negatív töltések súlypontja nem esik egybe.



pl. víz – állandó dipólus

Időlegesen létrejövő  
dipólusok



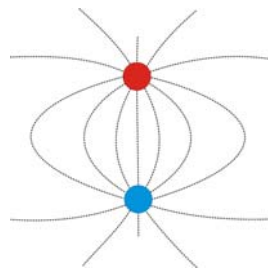
## Oscilláló dipólusok

Váltakozó elektromos  
erőtér.

Oscilláló dipólusokat  
hoz létre.



## Dipólusok erőtere



Jellemző mennyiségek:

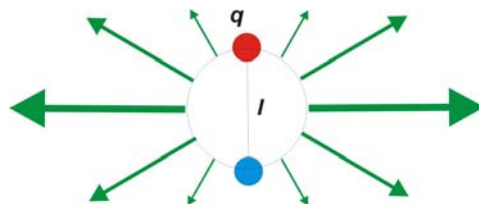
$q$  – töltés

$l$  – a töltések közötti távolság

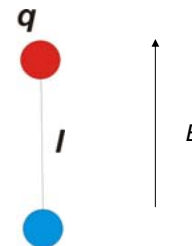
$d$  – dipólus momentum

$$d = ql$$

(vektor mennyiség)



## Polarizálhatóság



Polarizálhatóság:

Egységnyi erősségű elektromos tér által keltett dipólmomentum nagysága.

$$d = \alpha E$$

## Kvantitatív felhasználás

Mérhető mennyiség: a szórt fény intenzitása.

Mitől függ?

1. A részecskék számától.
2. A részecskék méretétől.
3. A megfigyelés irányától

## A szórt fény intenzitása

$$J_{\text{szórt}} = J_0 \frac{8\pi^4 N \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \Theta)$$

$\alpha$  – polarizálhatóság

$N$  – részecskeszám

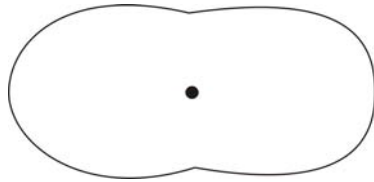
$\lambda$  – hullámhossz

$R$  – a detektor távolsága

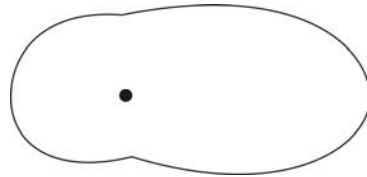
$\Theta$  – a megfigyelés szöge

## Szórásprofil

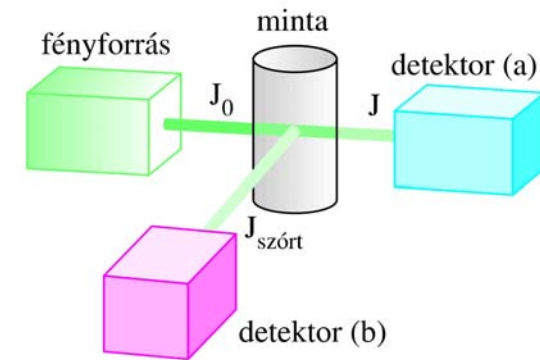
Raleigh-szórás  
A részecskék mérete  $< \lambda$



Mie-szórás  
A részecskék mérete  $> \lambda$



## Intenzitás mérések



## Nefelometria

Kismértékű fényszórás esetében.

A szórt fény intenzitása  
arányos a  
koncentrációval.



## Turbidimetria

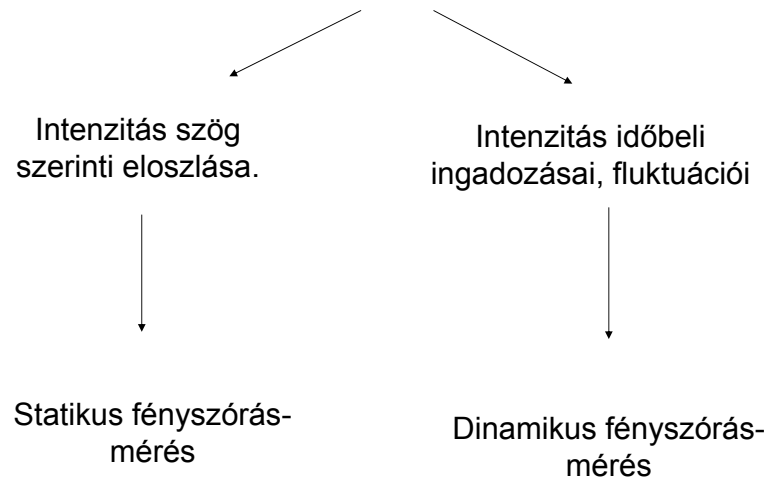
Nagymértékű fényszórás esetében.

Az eredeti irányba továbbhaladó fény  
intenzitását mérik.

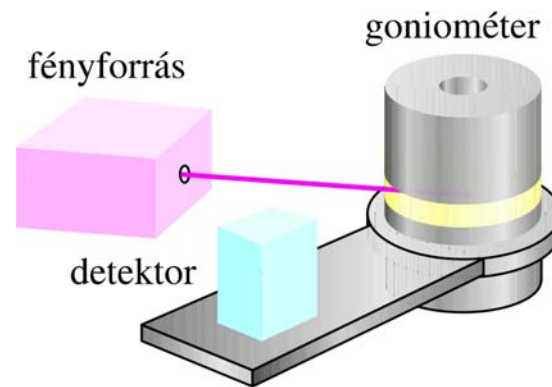
A mért optikai densitás arányos a  
koncentrációval.



## Részletesebb információ

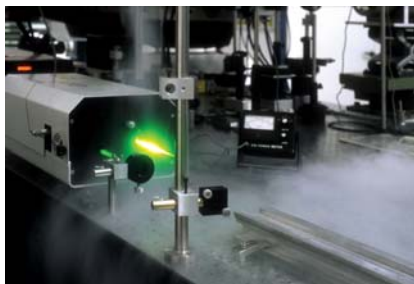


## Fényszórás mérő felépítése



## Fényforrások

- Követelmények:
- monokromatikus,
  - polarizált,
  - viszonylag nagy teljesítményű, legyen.



Lézerek:  
leggyakrabban Ar-ion lézer,  
de pl. He-Ne lézer.

## Detektorok

- Nagy érzékenység: akár egy foton detektálása is.
- Kis sötétáram, kevés zaj.
- Jó időbeli felbontás.

Fotoelektron-sokszorozó



Avalanche fotodióda



## Statikus fényszórás-mérés

A szórt fény intenzitásának mérése a szög függvényében.

$H$  – állandó

$c$  – koncentráció

$M$  – mólsúly

$P(q)$  – alakfaktor

$$\frac{Hc}{R_{ex}} = \frac{1}{M \cdot P(q)} + 2A_2c$$

$$q = \frac{4\pi n}{\lambda} \sin\left(\frac{\Theta}{2}\right) \quad R_{ex} = \frac{J_{oldat} - J_{oldószér}}{R^2 J_0}$$

## Információk

Kisméretű részecskék  
esetében  $P(q) = 1$



ha  $c$  és  $\Theta$  tart a nullához, a  
mólsúly meghatározható

$$\frac{Hc}{R_{ex}} = \frac{1}{M}$$

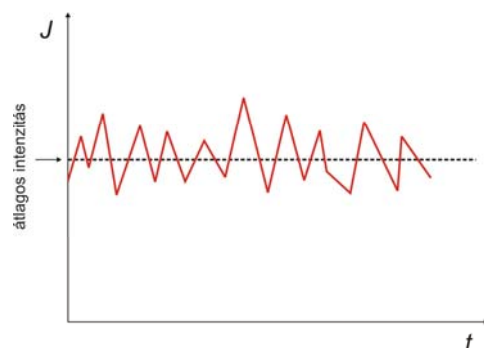
Nagyméretű  
részecskék esetében



A forgási sugár  
határozható meg, ill. az  
alakfaktor alapján a  
részecske alakjáról  
kaphatunk információt.

## Dinamikus fényszórás-mérés

Az intenzitás időbeli változásának,  
fluktuációjának megfigyelése.



A fluktuáció oka:

A részecskék  
véletlen mozgása,  
**diffúziója**.

## Diffúzió

Jellemző mennyiség: a diffúziós állandó ( $D$ ).

Fick I.:

$$\frac{dm}{dt} = -D \cdot q \cdot \frac{dc}{dx}$$

$$\bar{R}(t) = \sqrt{3Dt}$$

Gömb alakú részecskék esetében:

$$D = \frac{kT}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}$$

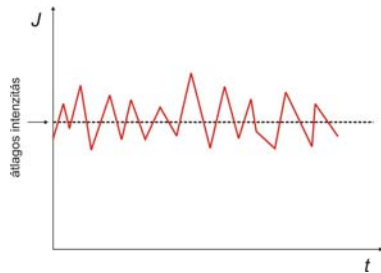
$k$  – Boltzmann áll.

$T$  – hőmérséklet

$\eta$  – a közeg viszkozitása

$r$  – a részecske sugara

## Feldolgozás



A fluktuációk jellegzetes időskálája  $\mu$ s nagyságrendű.

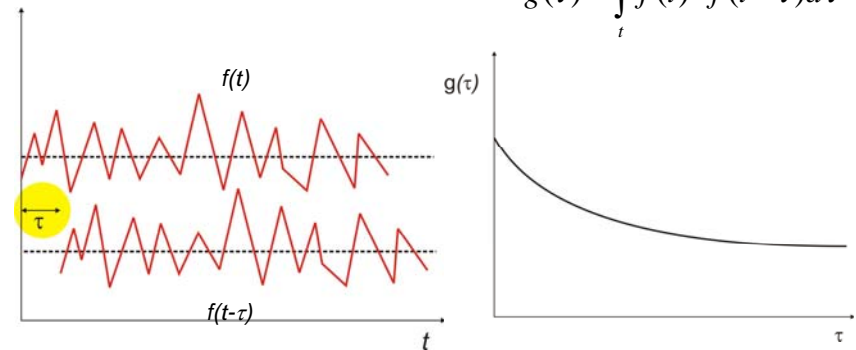
Az egymás után beérkező fotonok számlálása.

## Az autokorrelációs függvény

Az eredeti függvényt eltoljuk  $\tau$  értékkel.

$$g(\tau) = \sum_t f(t) \cdot f(t - \tau)$$

$$g(\tau) = \int_t f(t) \cdot f(t - \tau) d\tau$$



## Miről árulkodik?

Az autokorrelációs függvény értékének csökkenése a részecskék helyzetének a megváltozása miatt következik be.

Minél gyorsabban mozognak a részecskék, annál gyorsabban cseng le a görbe.

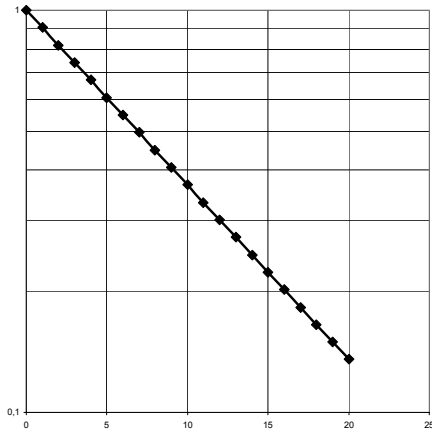
## Monodiszperz rendszer

A részecskék mérete azonos, a mozgásukra jellemző diffúziós állandó is azonos. Az autokorrelációs függvény egy egyszerű exponenciális függvényként írható le.

$$g(\tau) = e^{-\Gamma \tau} + 1$$

$\Gamma \sim D$ -vel, vagyis meghatározható a  $D$  és ebből a  $\underline{r}$ .

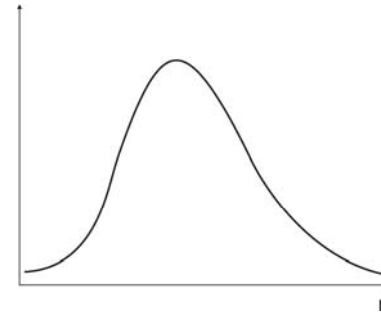
## Legkisebb négyzetek módszere



A legjobban illeszkedő egyenes esetében a pontok eltéréseinek négyzetösszege ( $Q$ ) minimális.

A mért pontokhoz egyenest illesztünk és a meredekségből kiszámolható a diffúziós állandó.

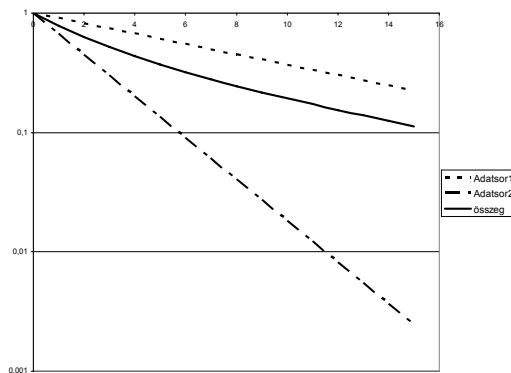
## Polidiszperz rendszer



Sokféle méretű részecske.  
Az egyes méretekre jellemző autokorrelációs függvények összeadódnak.

$$g(\tau) = 1 + \sum_i e^{-\Gamma_i \tau}$$

## Kiértékelés problémái



Az összeg alapján nem tudjuk egyértelműen meghatározni a diffúziós állandókat.

## Melyik eloszlás illeszkedik?

A mért függvény zajjal is terhelt.



Sok lehetséges eloszlás esetében kaphatunk megoldást.  
Jellemzésre csak egy eloszlásfüggvény használható!

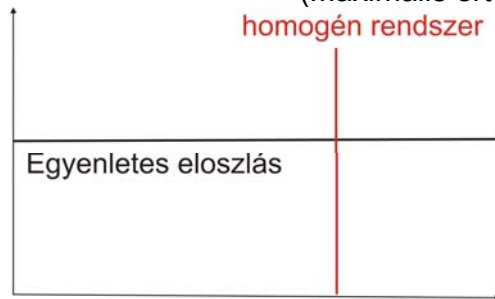


## Entrópia fogalma a matematikában

Fizika: entrópia a rendezetlenség mértéke.  
( $S = k \ln w$ )

Matematika: hasonló jelentés a részecskék  
méreteloszlása esetében.

(Maximális értéke = 0)



Legrendezetlenebb:  
az egyenletes  
eloszlás.

Legrendezettebb: a  
homogén rendszer.

## Maximum entrópia elve

A sok lehetséges eloszlás közül az a legvalószínűbb,  
amelynek a legnagyobb az entrópiája ( $S$ ).

Minden eloszlás közül az egyenletes eloszlás  
entrópiája a legnagyobb.

Milyen eloszlások közül válasszunk?



## Maximum Entrópia Módszer

Legkisebb  
négyzetek elve

$Q$

Maximum entrópia  
elve

$S$

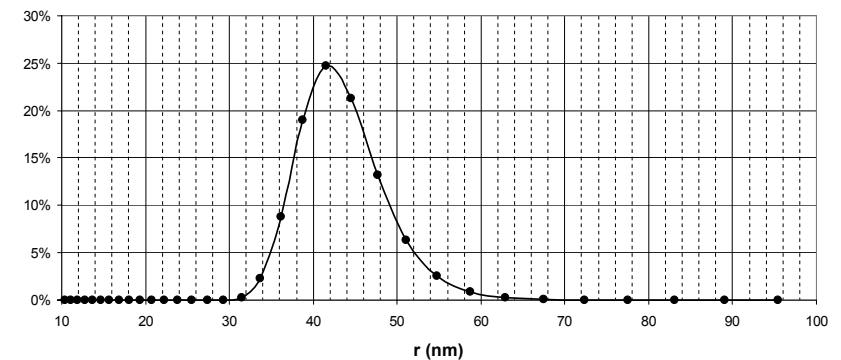
$$L = Q - \alpha S$$

Az  $L$  értéke legyen minimális.  
Az  $\alpha$  egy becsült paraméter.

## Kalibrálás

PI. meghatározott méretű és eloszlású polisztirol  
gömböcskék segítségével.

polisztirol (86 nm) részecske méreteloszlás



## Egy alkalmazás

