

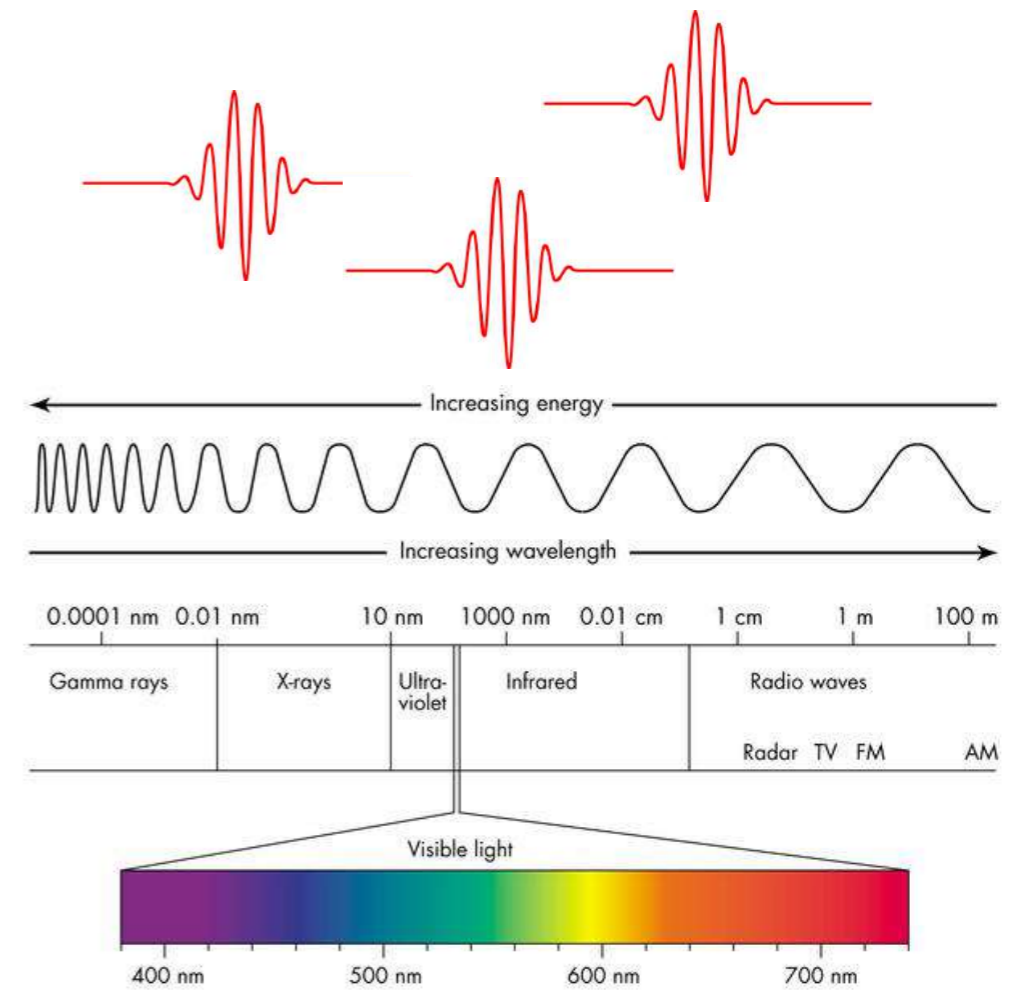
Fényből készült eszközök

Domokos Péter

Wigner Fizikai Kutatóközpont

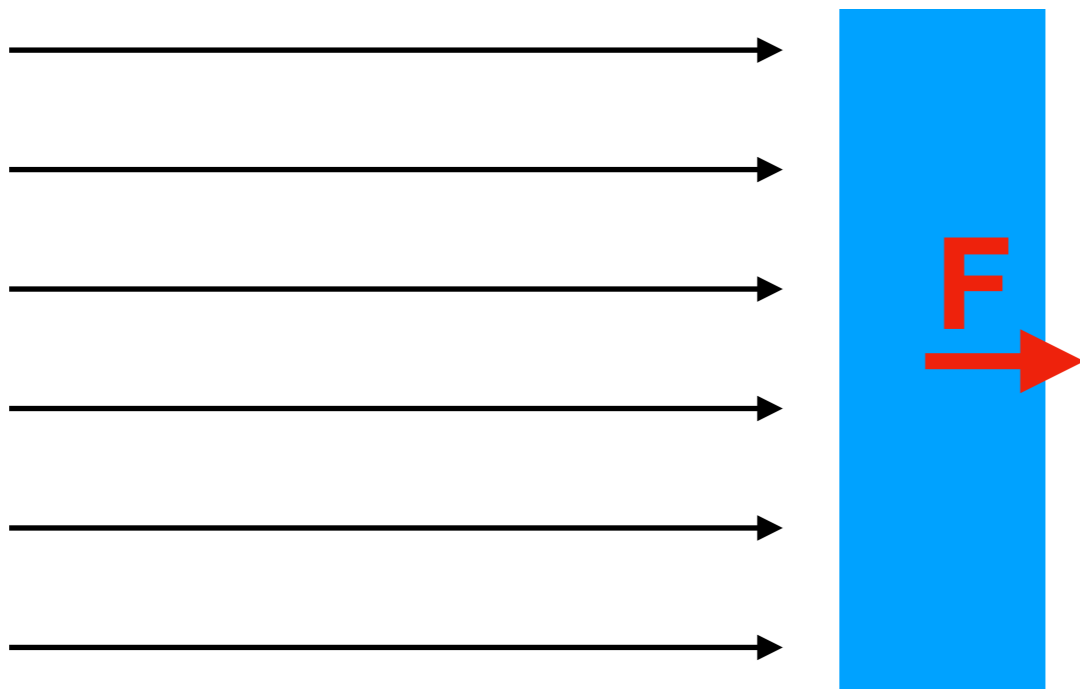


Anyag és sugárzás



Milyen irányú erő hat az üvegre?

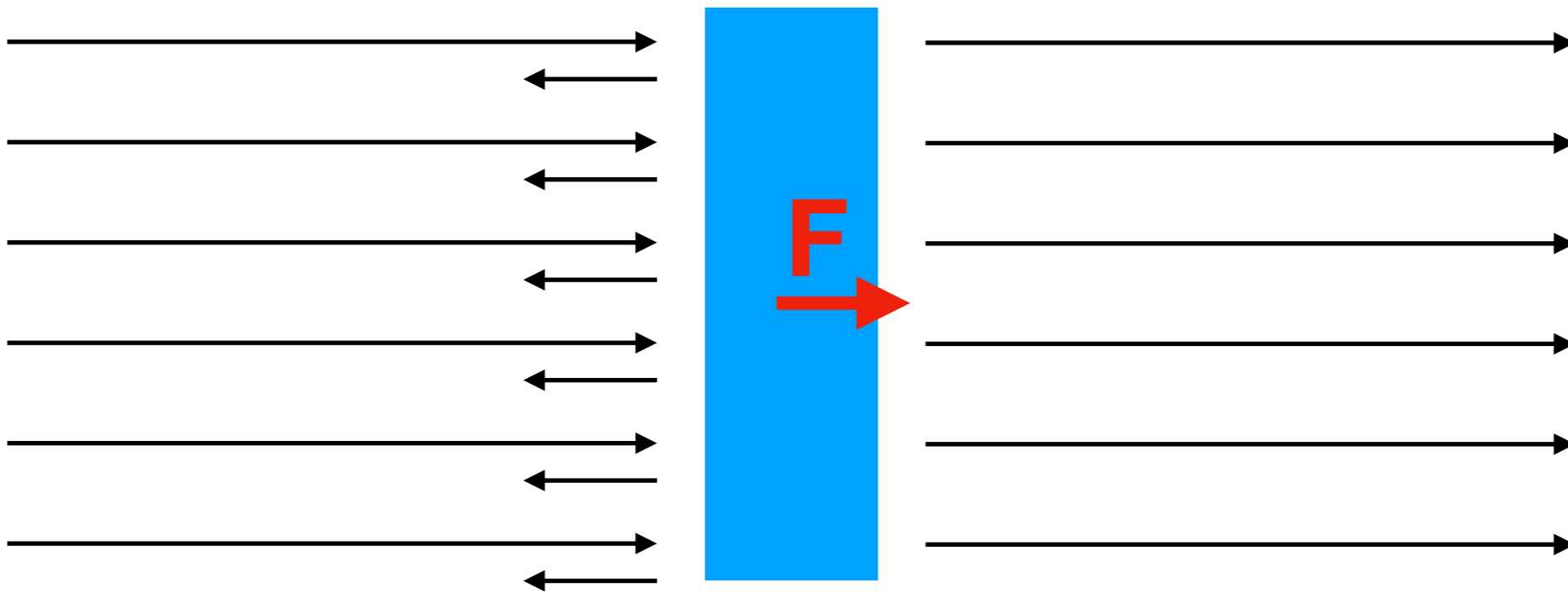
Egydimenziós mozgás, beeső fény, síkhullám, elnyelés nélkül áthalad az $n=1.5$ törésmutatójú üvegen



- A) $F > 0$
- B) $F = 0$
- C) $F < 0$

Milyen irányú erő hat az üvegre?

közeghatár, reflexió: $R = \left| \frac{n - 1}{n + 1} \right|^2 = 4\%$



A fénynek (fotonnak) van lendülete:

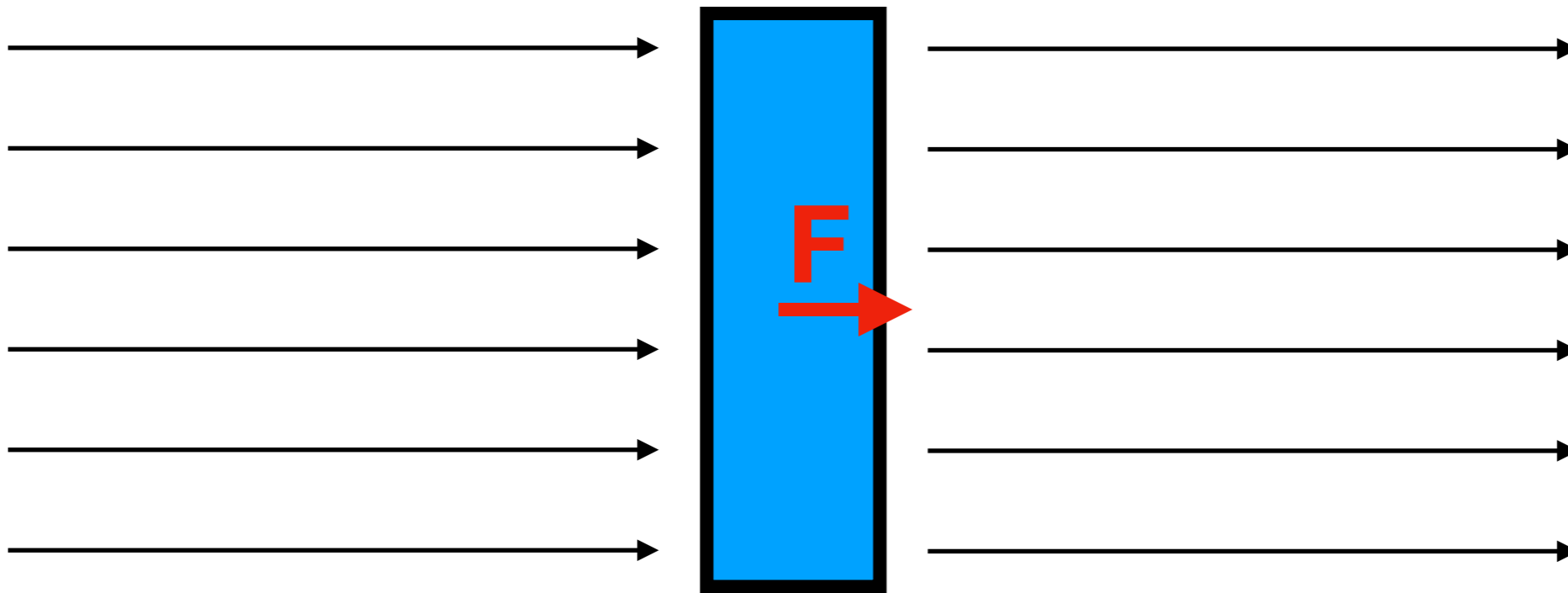
$$p = \frac{h}{\lambda}$$

- A) $F > 0$
- B) $F = 0$
- C) $F < 0$

... és ha antireflexiós réteg van a felületén?

Antireflexió: dielektrikum rétegek, a különböző mélységből visszavert komponensek kioltják egymást

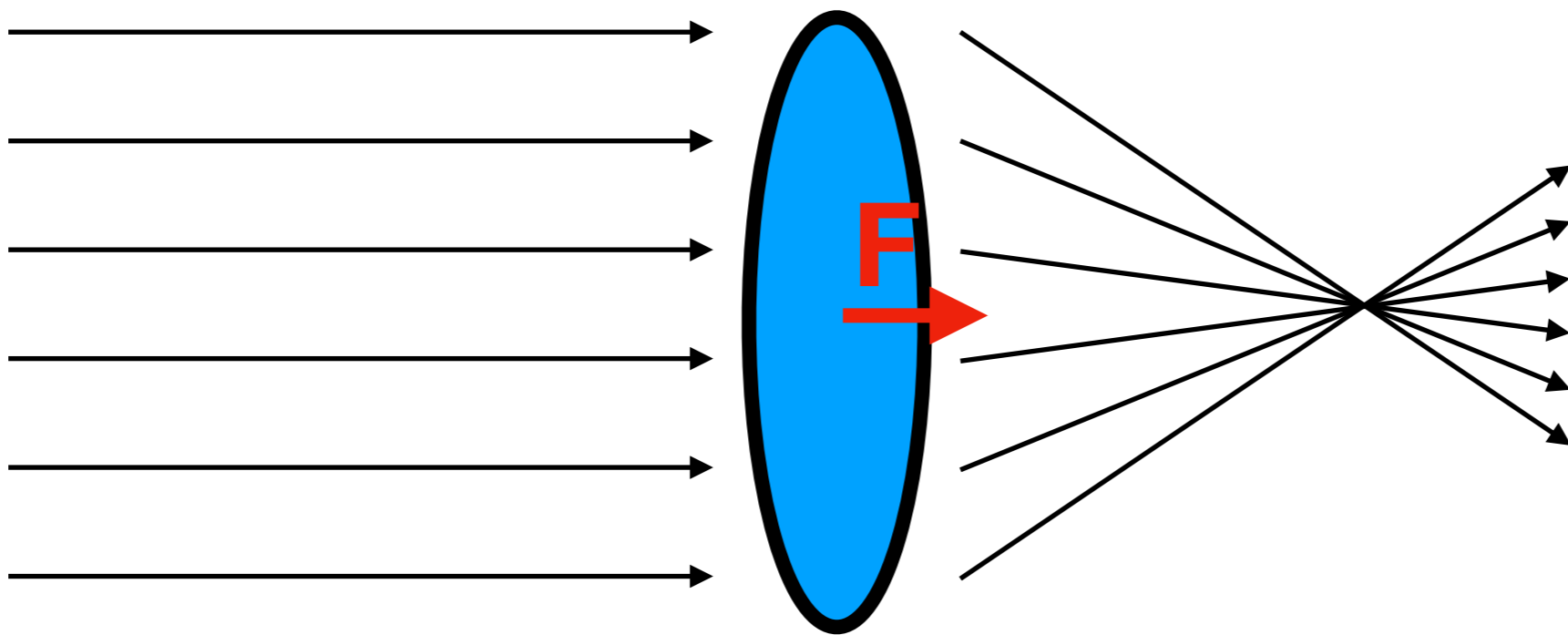
A teljes beeső fény gyengítés (visszaverődés, elnyelés) nélkül áthalad az üvegen



- A) $F > 0$**
- B) $F = 0$**
- C) $F < 0$**

Milyen irányú erő hat a lencsére?

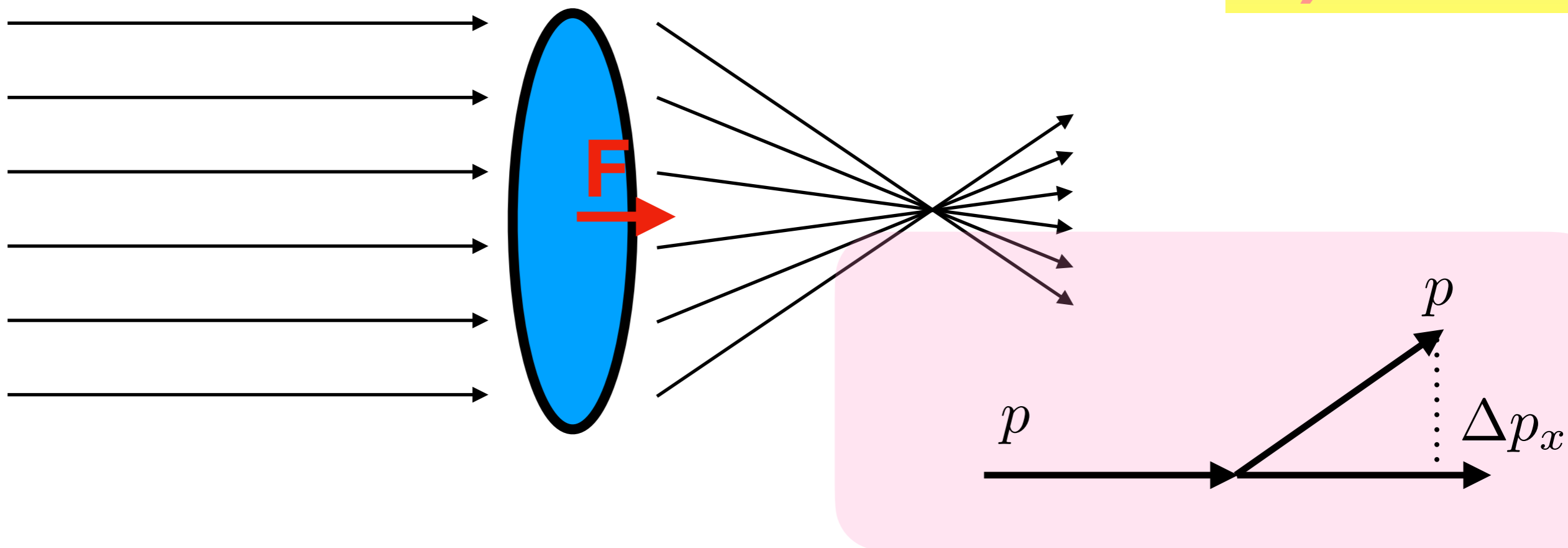
A beeső fény elnyelés nélkül áthalad, közben fókuszálódik



- A) $F > 0$
- B) $F = 0$
- C) $F < 0$

Milyen irányú erő hat a lencsére?

A beeső fény (fotonok) veszít a tengelyirányú lendületéből



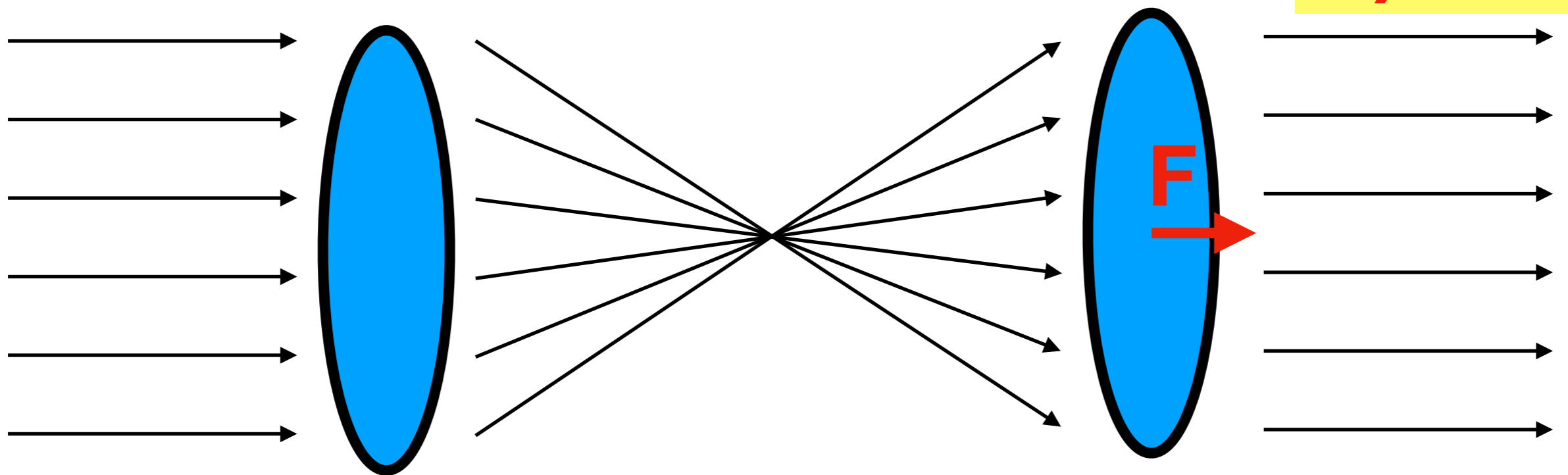
A) $F > 0$

B) $F = 0$

C) $F < 0$

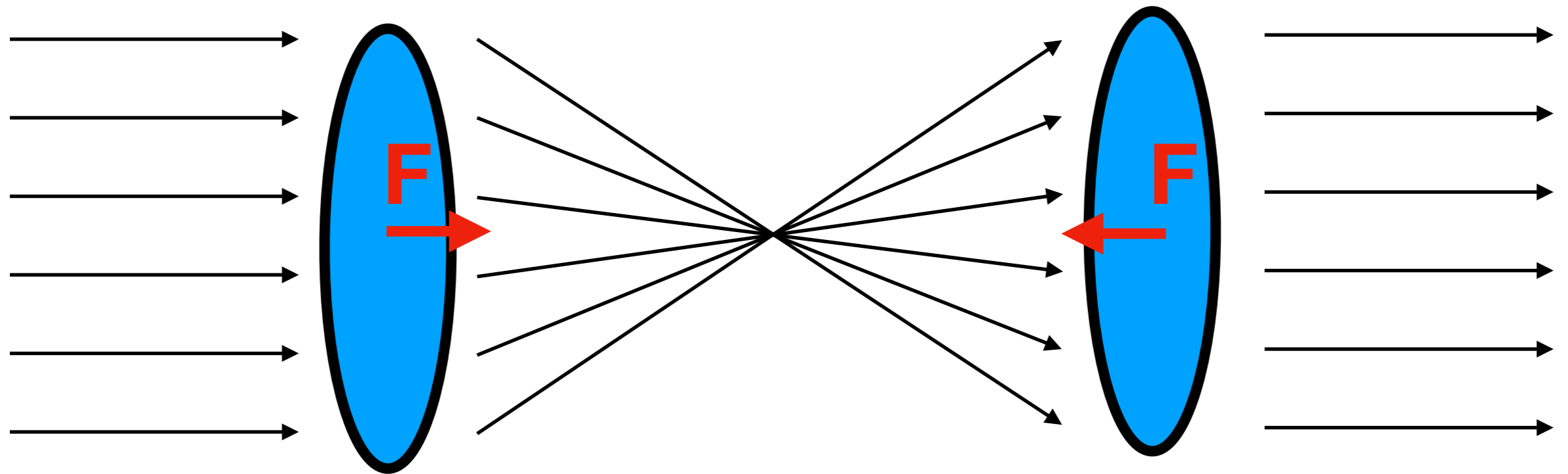
Milyen irányú erő hat a második lencsére?

A beeső fény fókuszált, és a szétterjedő nyaláb halad át elnyelés nélkül a lencsén



- A) $F > 0$
- B) $F = 0$
- C) $F < 0$

Mit tanultunk?

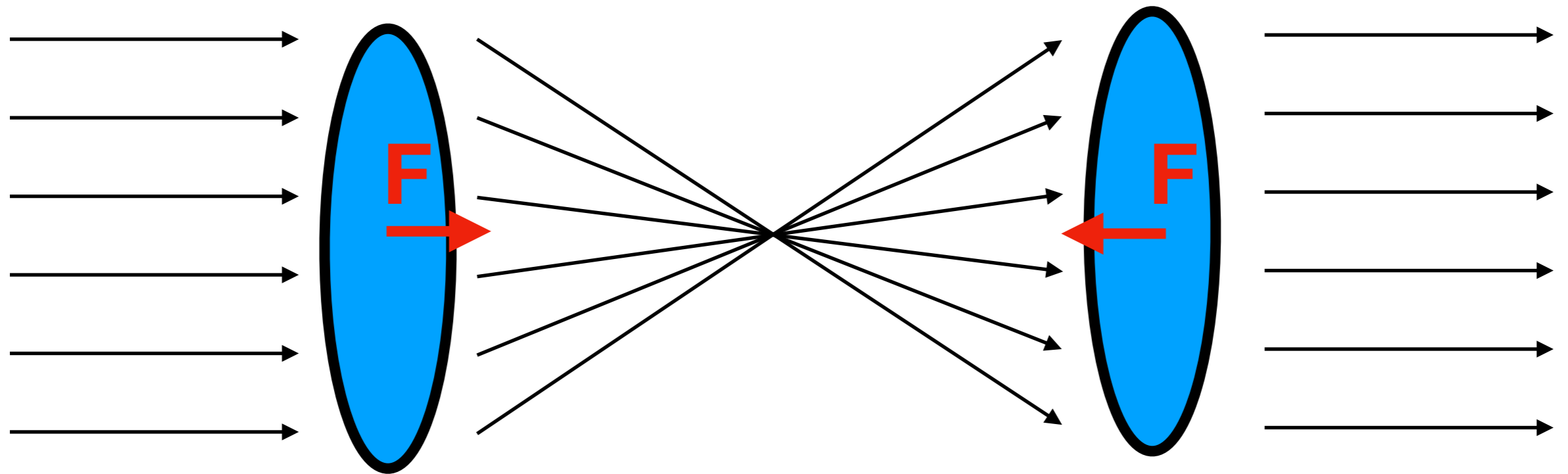


A lencsék vonzzák egymást

A) igaz

B) hamis

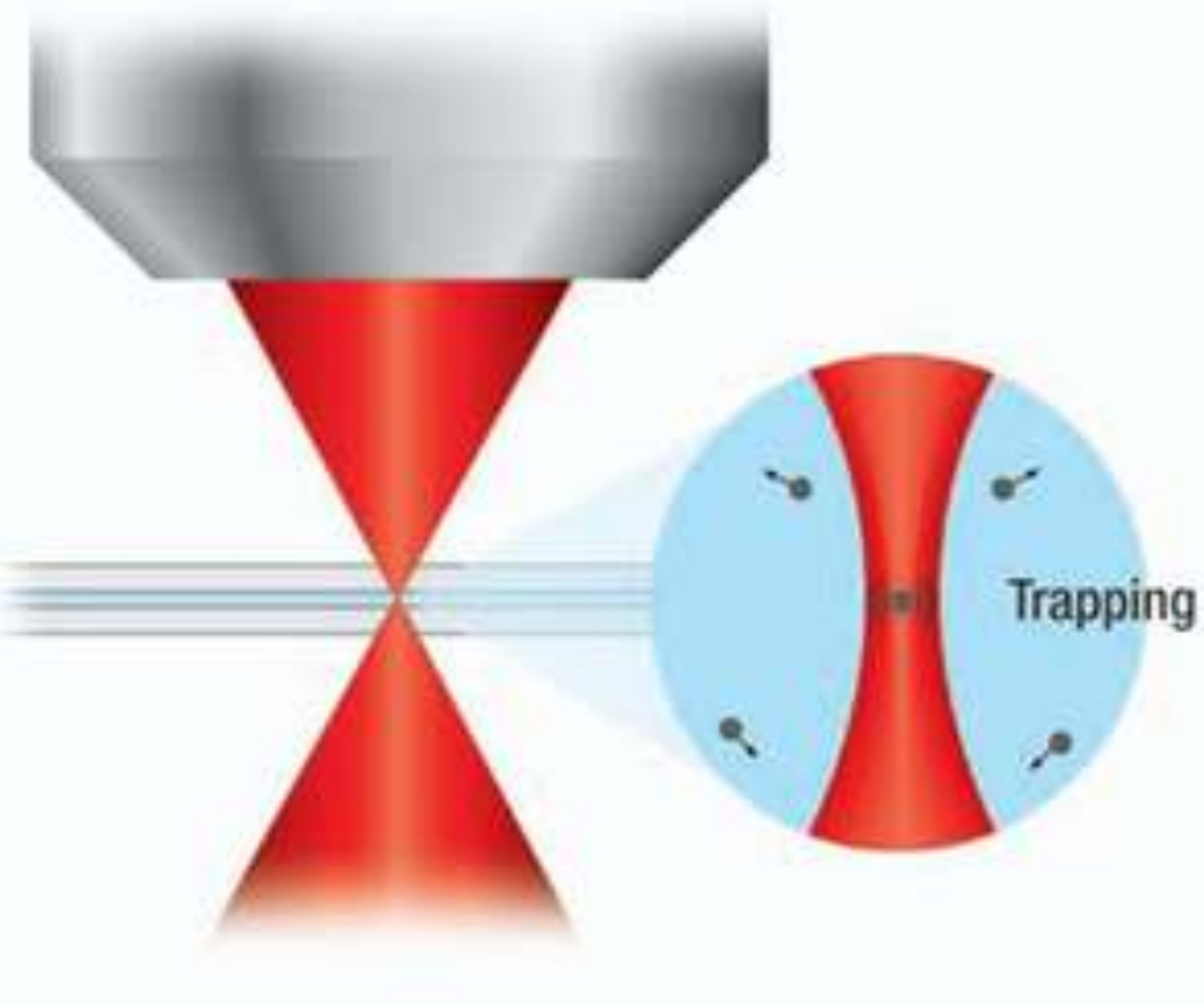
Mit tanultunk?



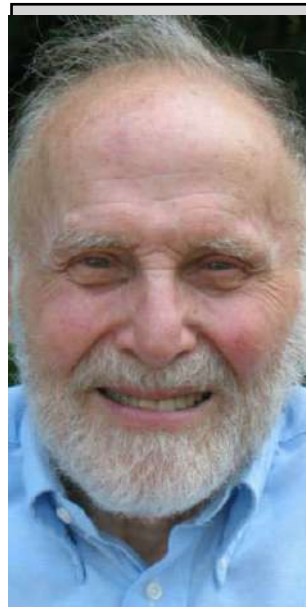
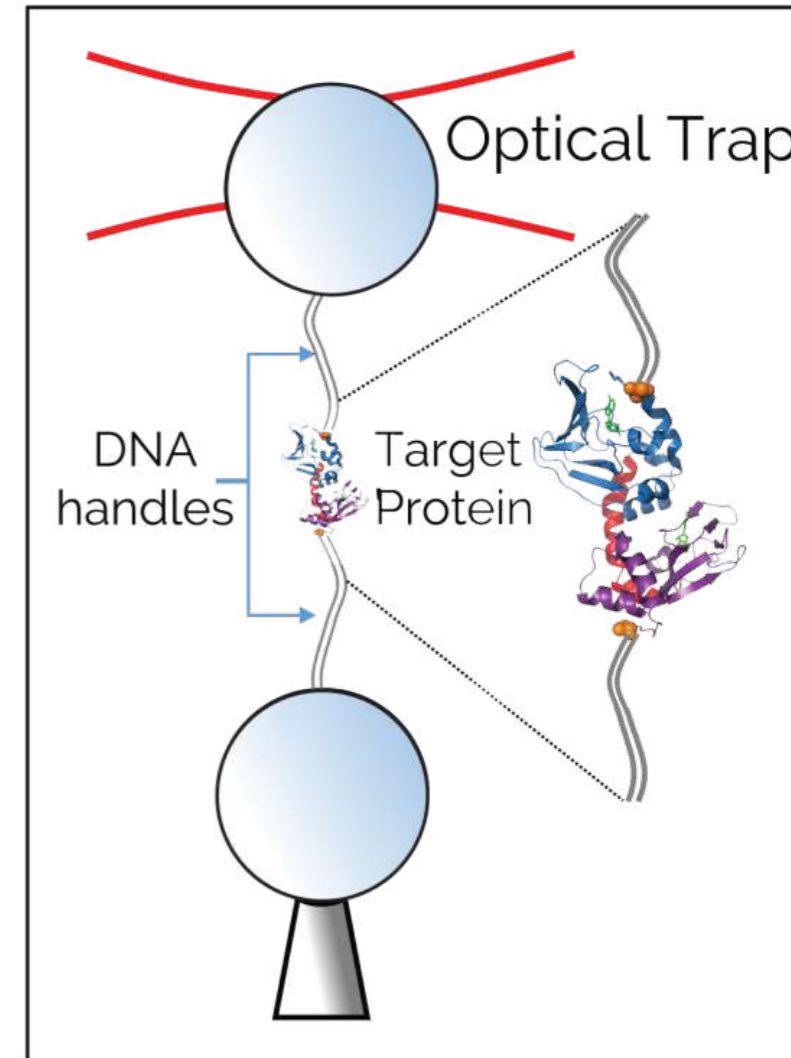
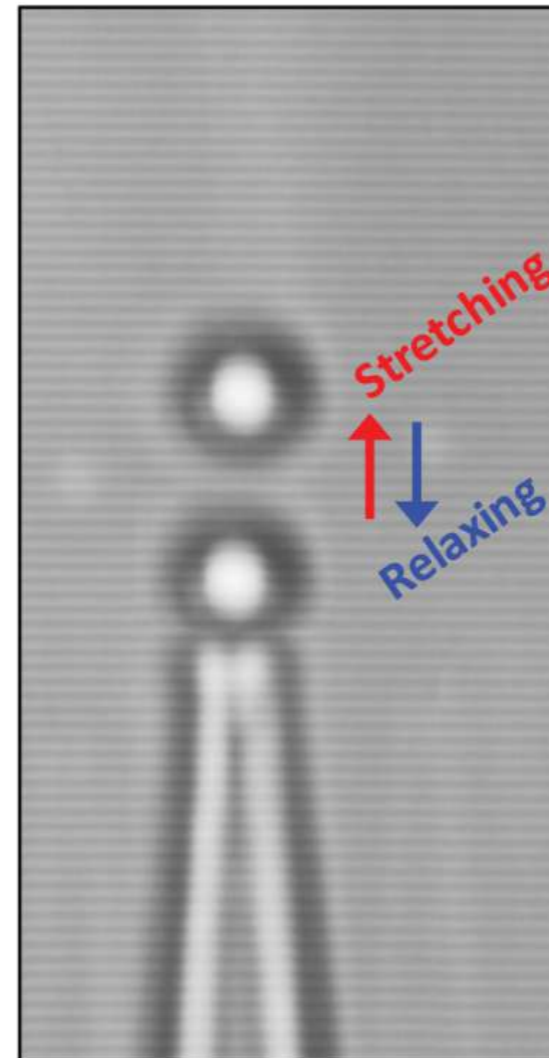
A lencsérekre ható fényerő a nagyobb intenzitású tartomány felé mutat

- A) igaz**
- B) hamis**

A lézercsipesz



Fényelnyelés nélkül az intenzitás maximumba vonzza a dielektrikum tárgyakat



2018. évi Fizikai Nobel díj

Arthur Ashkin, “for the optical tweezers and their application to biological systems”

forrás:
<http://maillardlab.org>

Atomok

- az anyag építőkövei
- molekulák, kristályok, makroszkópikus testek
- lehet-e egyetlen “tégla” hasznos?

→ kvantumtechnológia

- hogyan szabadítsuk ki az atomot a testek és molekulák fogságából?
- hogyan szelídítsünk meg egy atomot?

→ kvantumoptika

Hűtés és csapdázás

Ekvipartíció tétele

$$\frac{1}{2}m\overline{v_x^2} = \frac{1}{2}m\overline{v_y^2} = \frac{1}{2}m\overline{v_z^2} = \frac{1}{2}k_B T$$

Átlagos sebesség He

$$v \sim \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \left(\frac{3 \times 1.38 \cdot 10^{-23} \times 300}{6.64 \cdot 10^{-27}} \right)^{1/2}$$
$$\approx 1367 \text{ m/s} = 380 \text{ km/h}$$

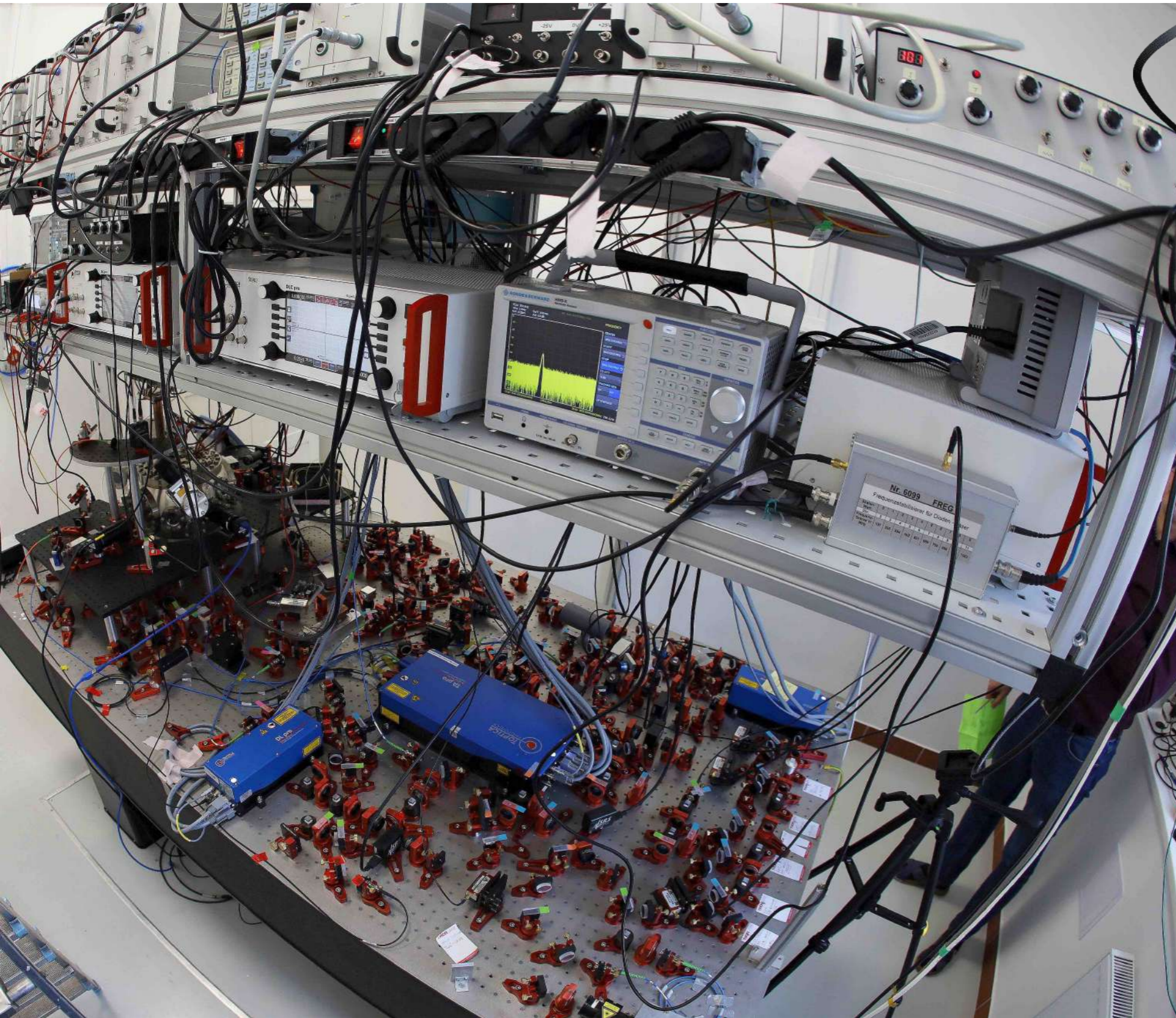
→ fékezés vagy hűtés ?



1997. évi Fizikai Nobel díj

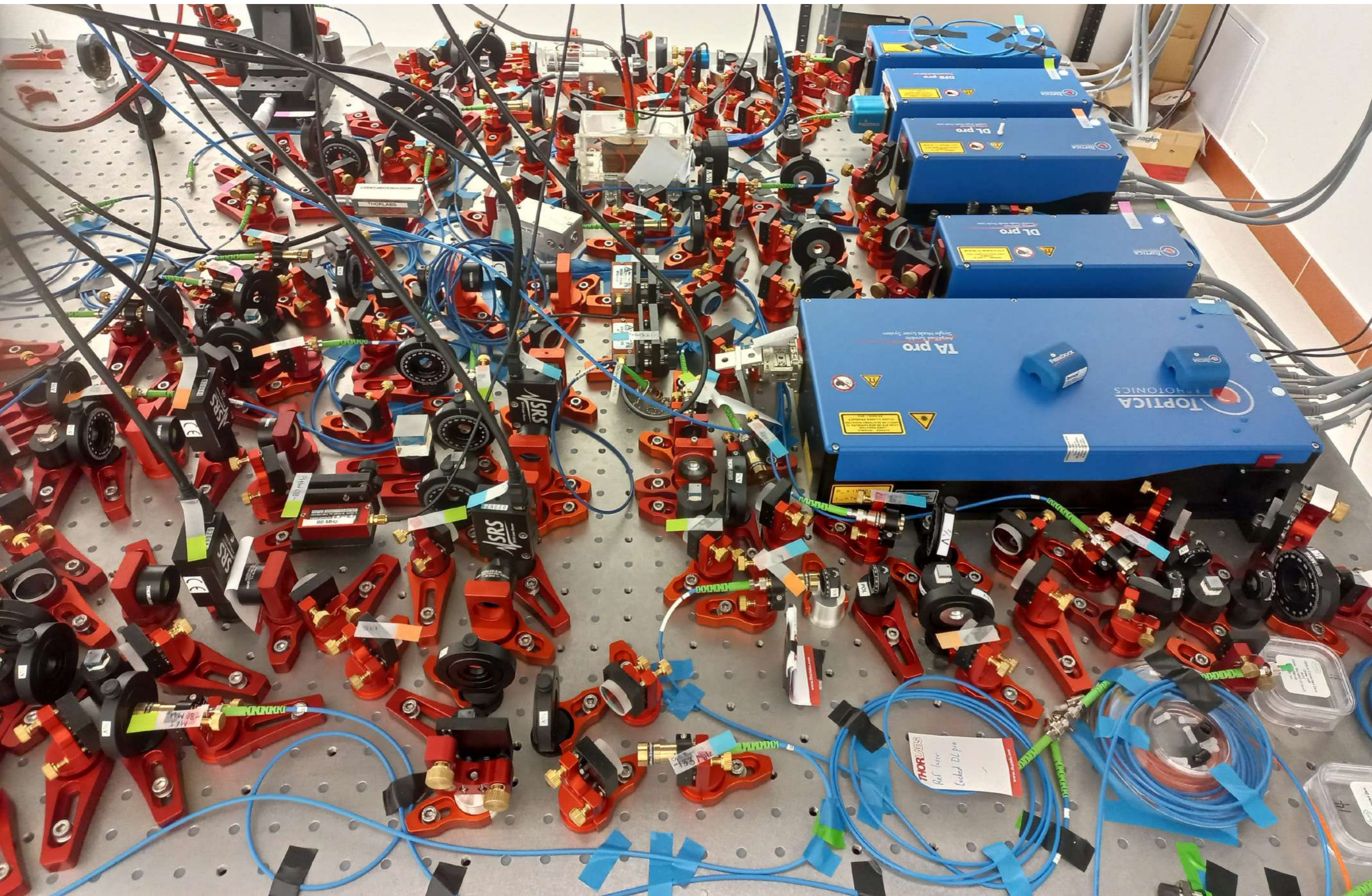
Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji and William D. Phillips “for development of methods to cool and trap atoms with laser light”

Kvantumoptika laboratórium



“table-top” experiment

Lézerek: rend az optikai asztalon



Lézeres hűtés



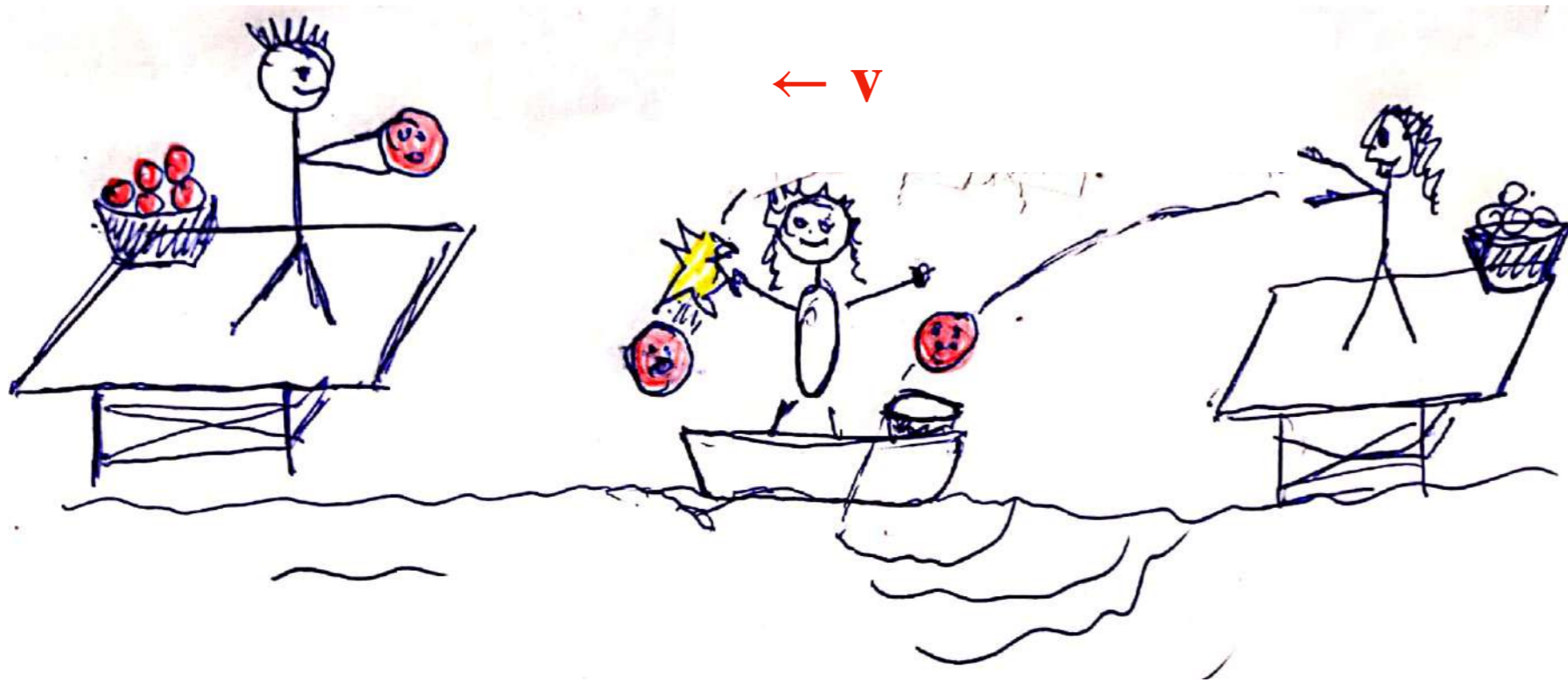
- elnyelés
- rugalmatlan ütközés
- milyen erő hat?

Lézeres hűtés



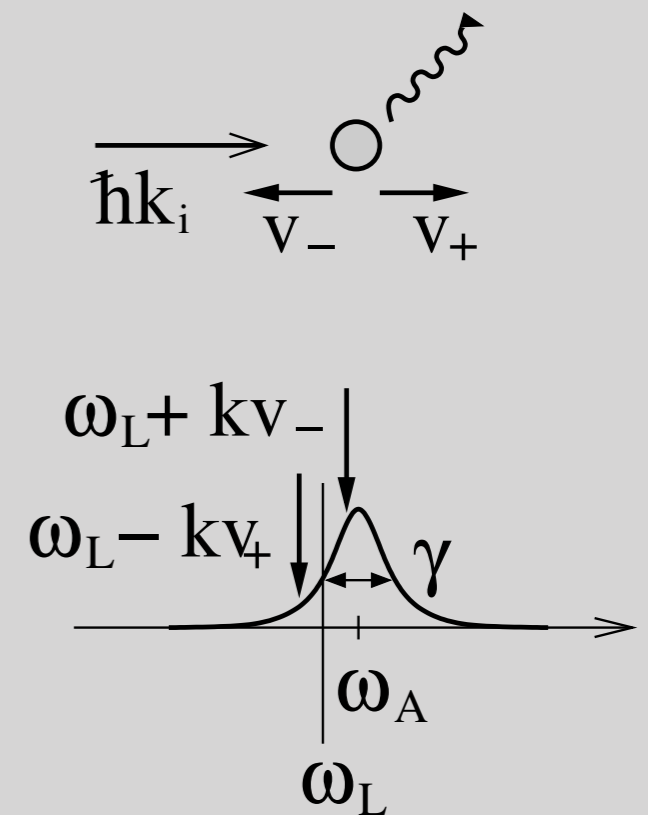
- két irányból jönnek a labdák
- részben rugalmatlan ütközés
- milyen erő hat?

Lézeres hűtés



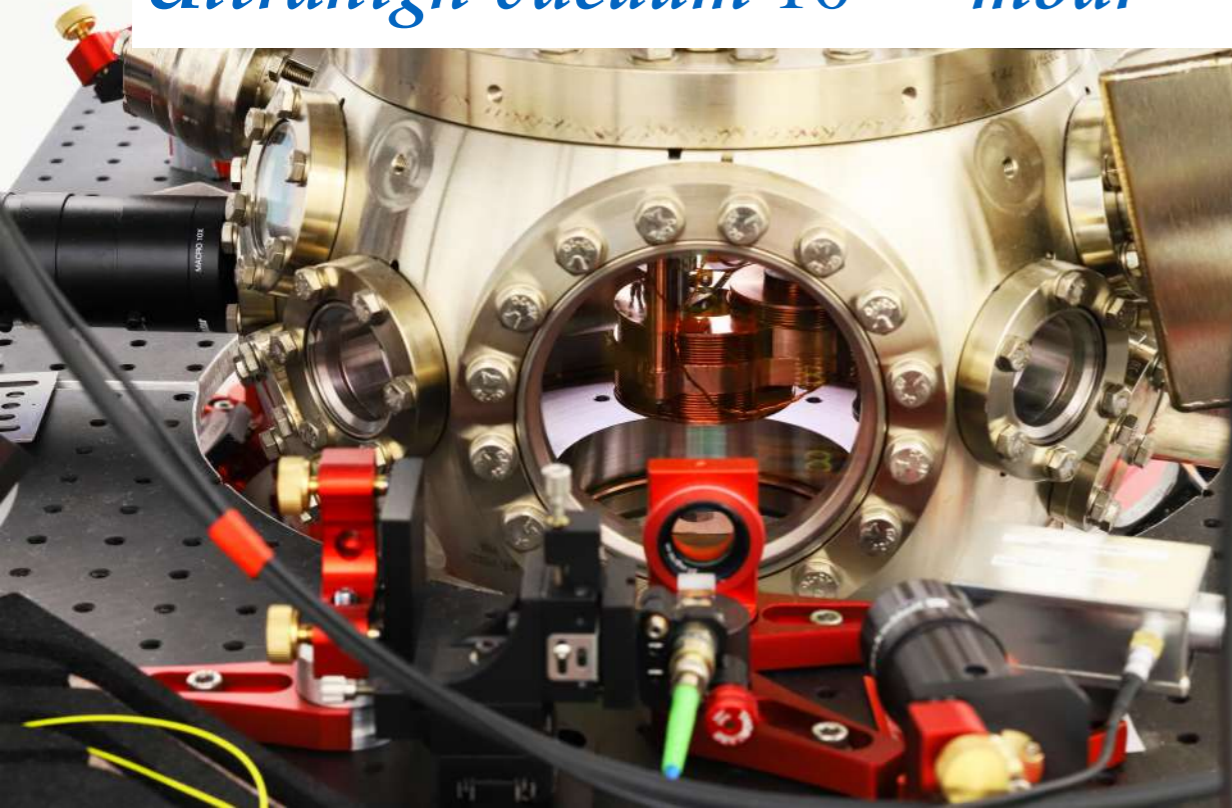
- sebességfüggő reakció
- milyen erő hat?
- diffúzió: hol lesz a ladik?

Doppler effektus

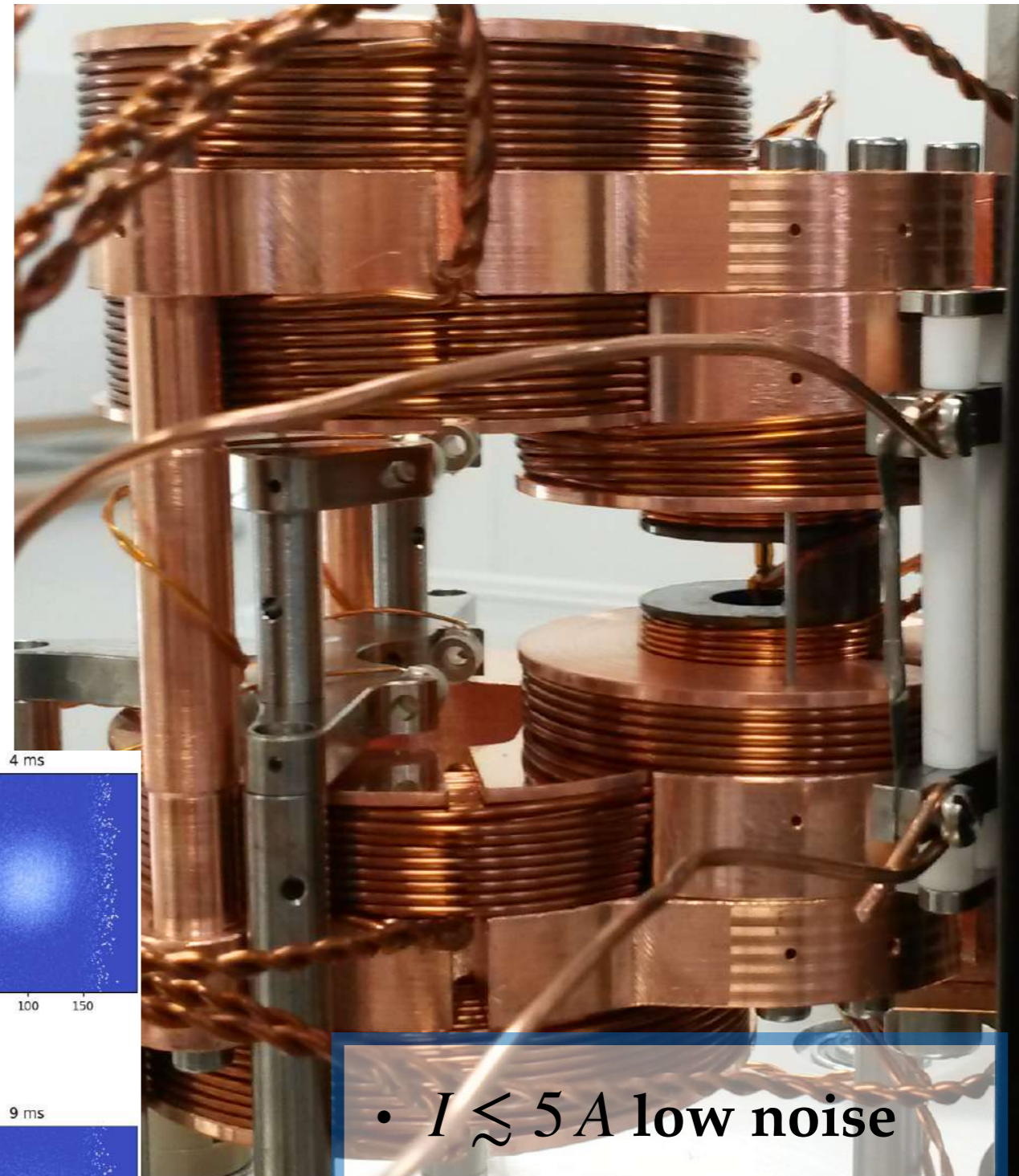
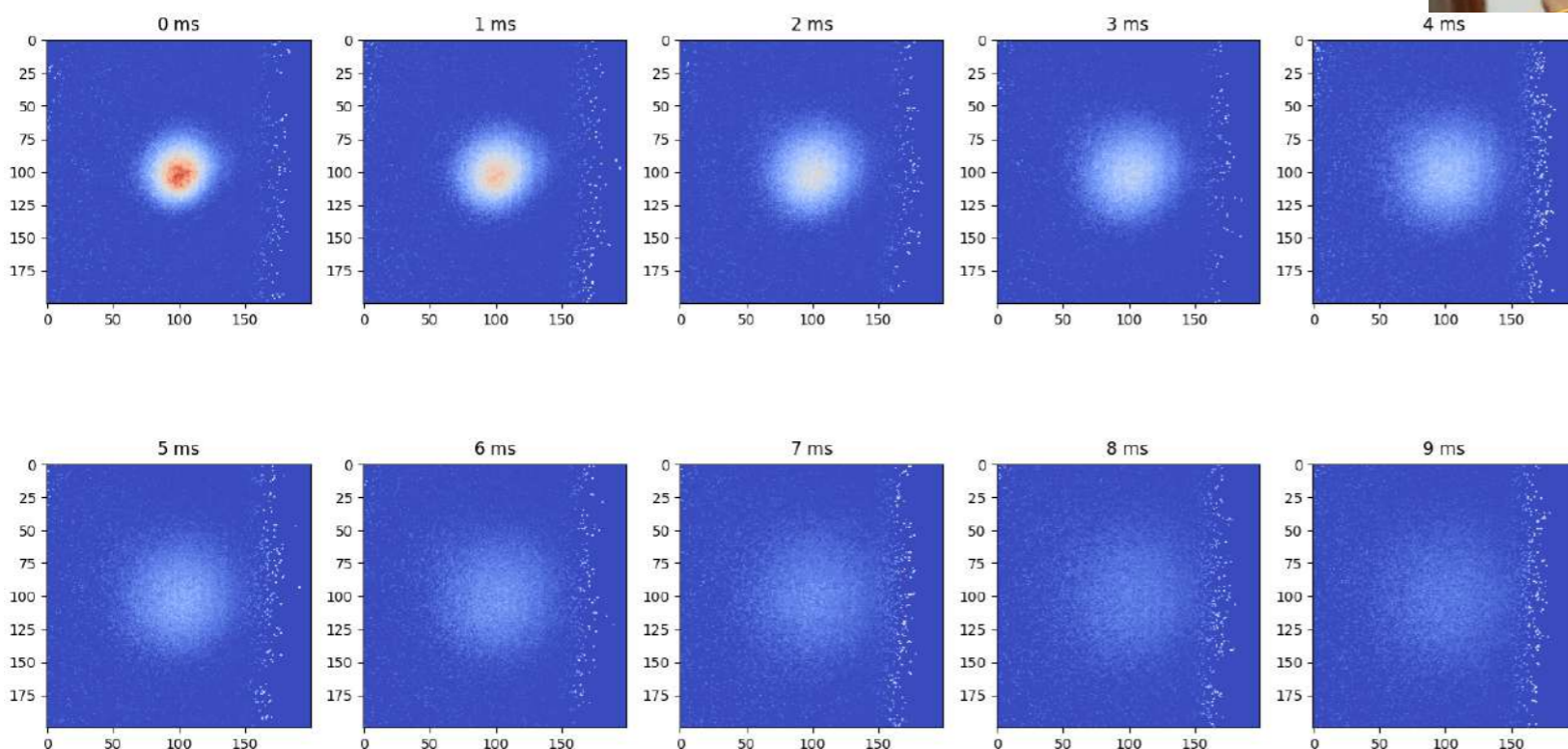


Mágneses mezőben lebegtetett atomok

Ultrahigh vacuum 10^{-11} mbar

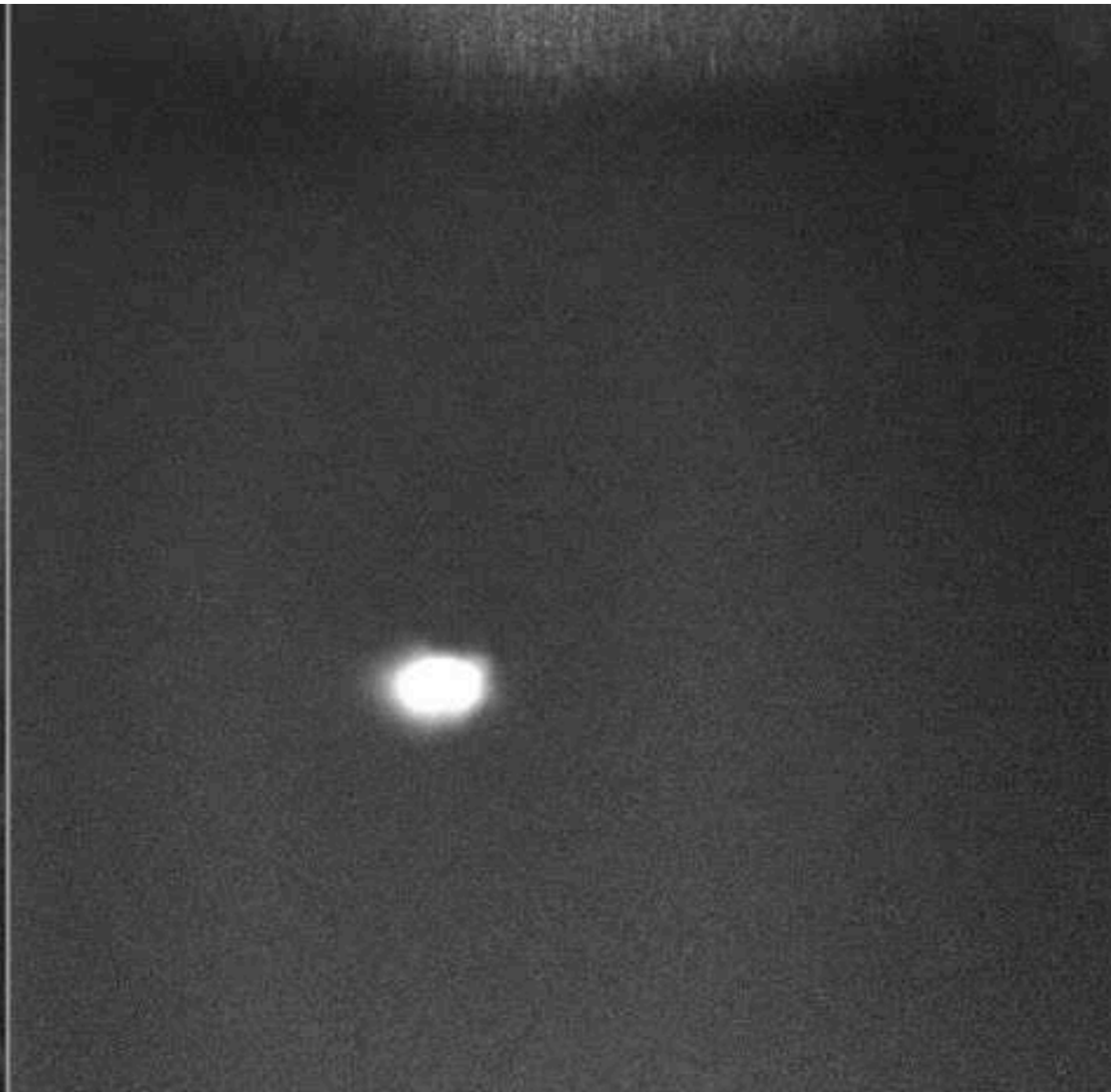
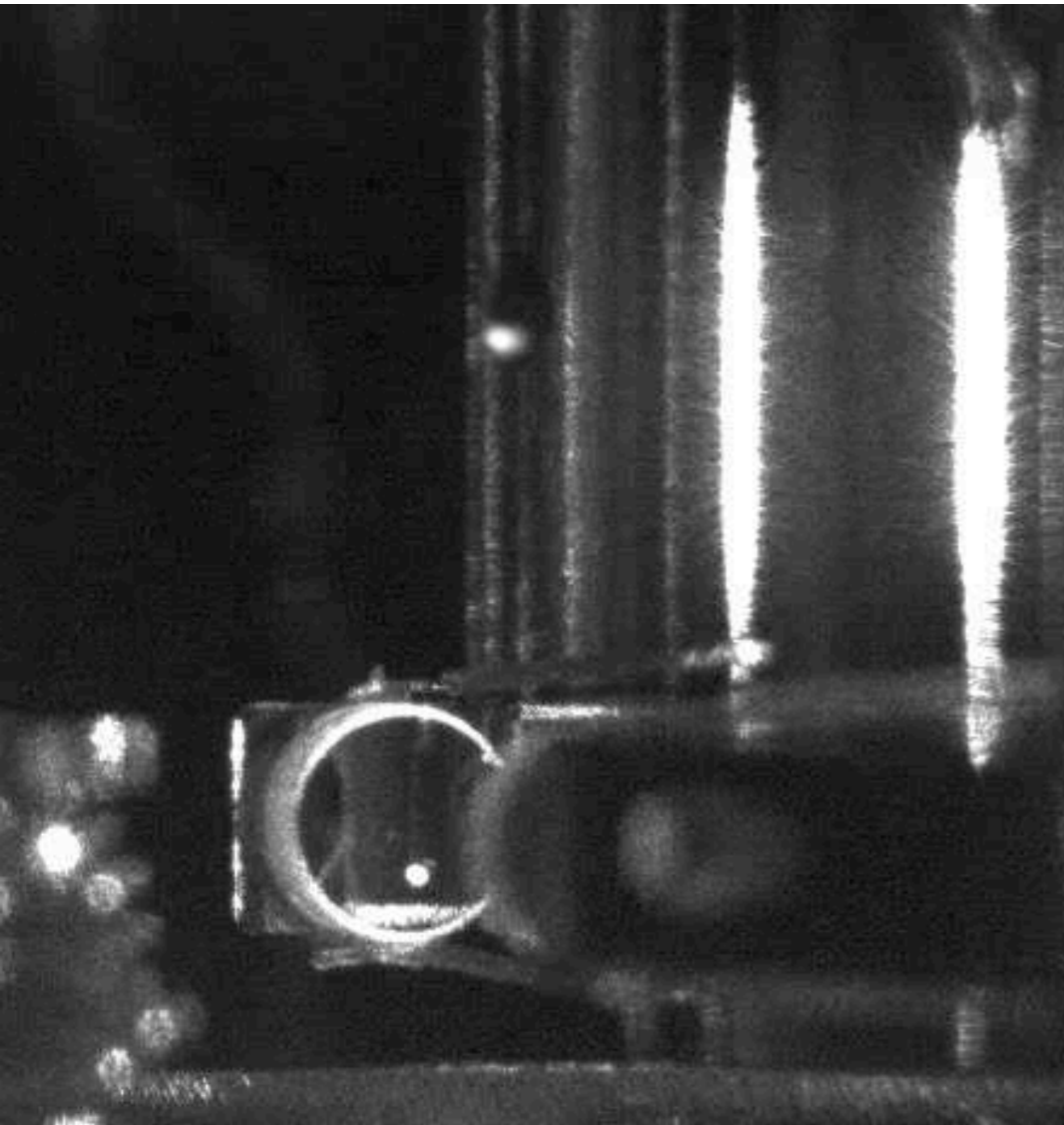


hőmérséklet $\sim 100 \mu\text{K}$



- $I \lesssim 5 \text{ A}$ low noise
- vacuum compatible

Becsapdázott fény és hideg atomfelhő



Összefoglalás

- **A fény mechanikai hatást (erőt) fejt ki a tárgyra**
- **A fény hatását használjuk fel egyedi atomok manipulációjához**
- **Fénnyel hűteni lehet az atomok mozgását**
- **Az atomokat újfajta, kvantumtechnológiai alkalmazásokra lehet használni**

- **Nagy hiány van fizikus végzettségű kutatóból az akadémiai és az ipari szektorban egyaránt. Gyertek fizikus hallgatónak!**