

# **A világ keletkezése és az elemi részek fizikája**

**Katz Sándor**

**Az atomoktól a csillagokig**

**2007 szeptember 27.**

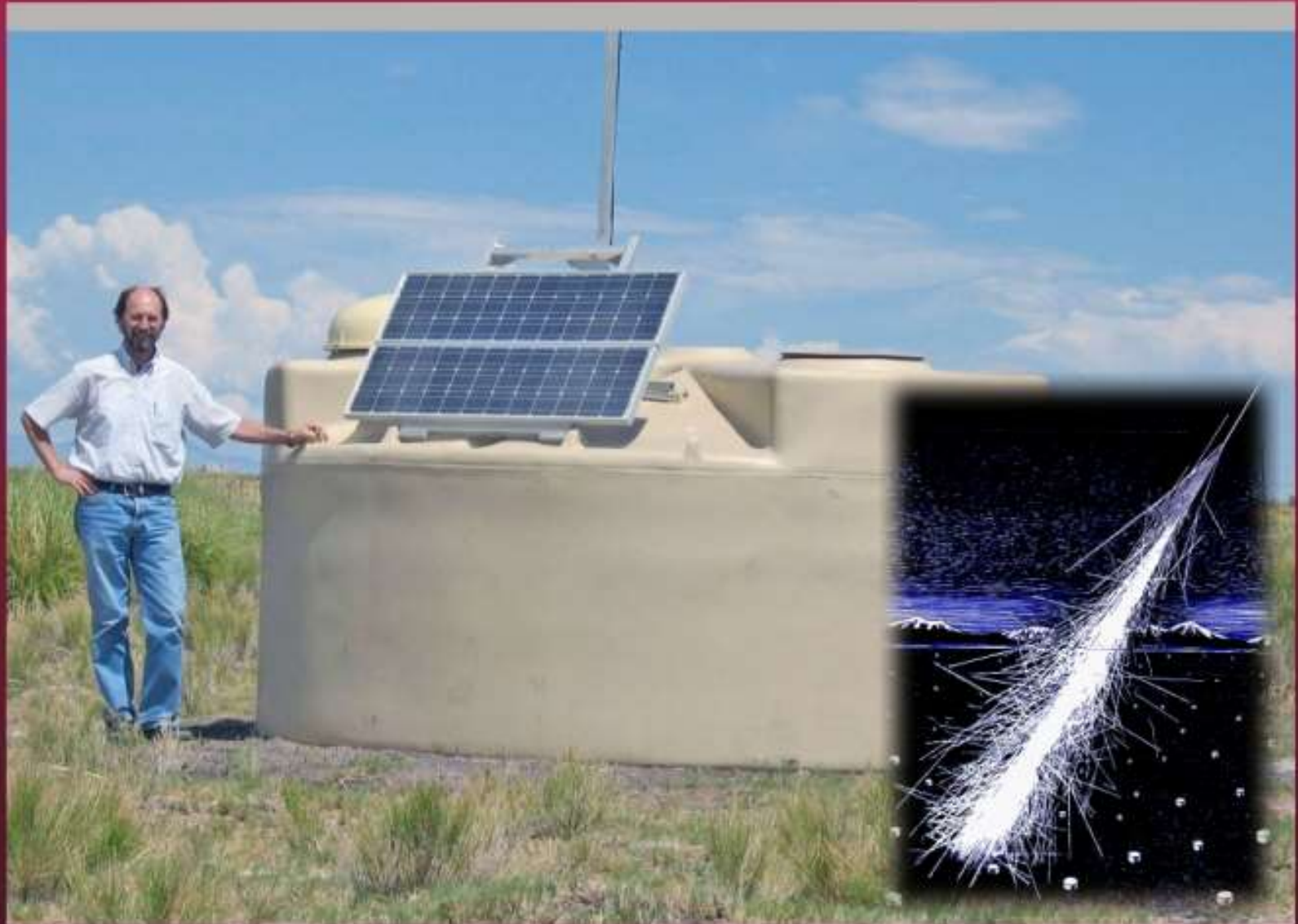
# A legnagyobb mennyiségű antianyag a Földön



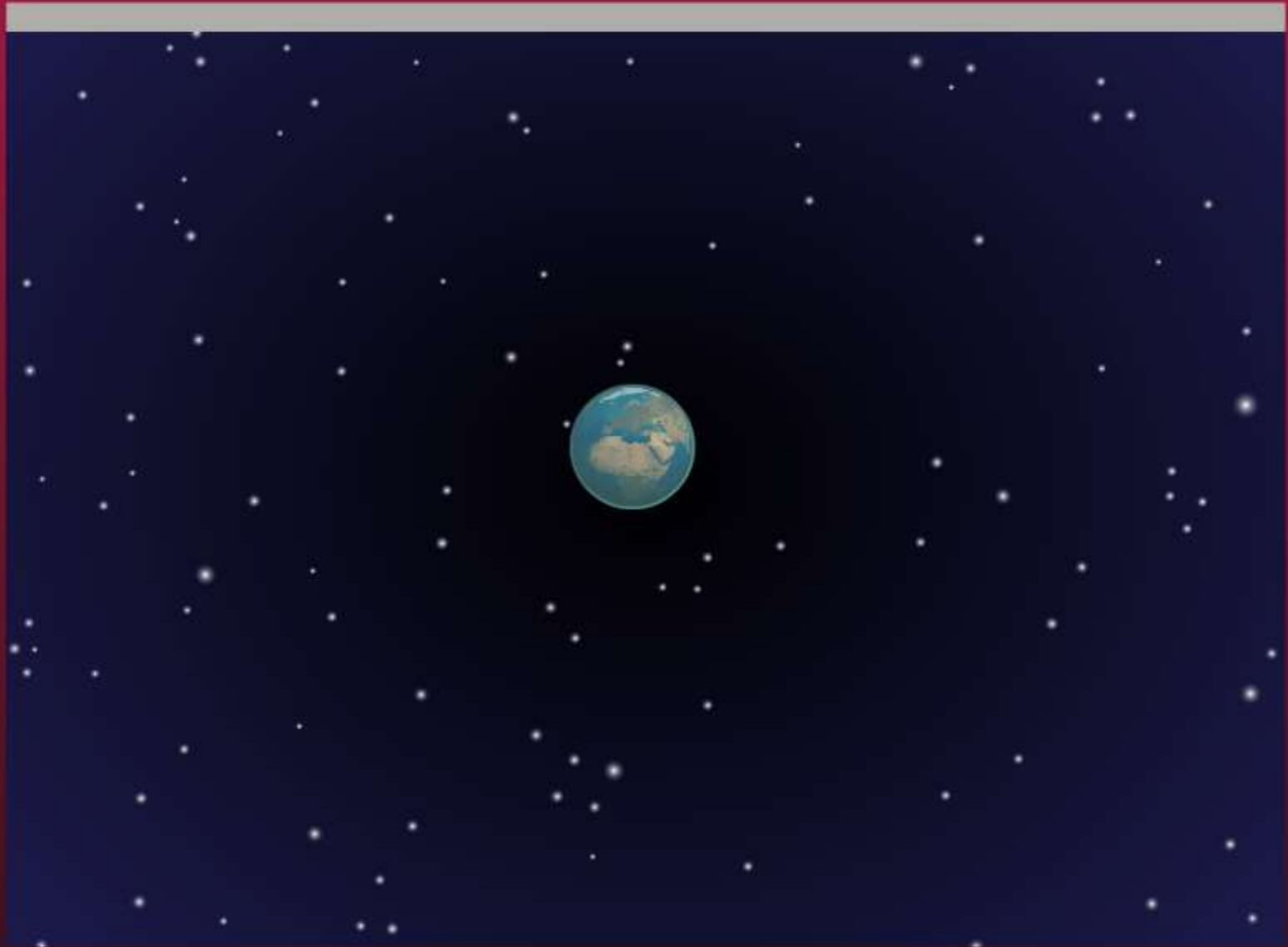
**A Hold is anyagból,  
és nem antianyagból áll**



# Auger-detektor



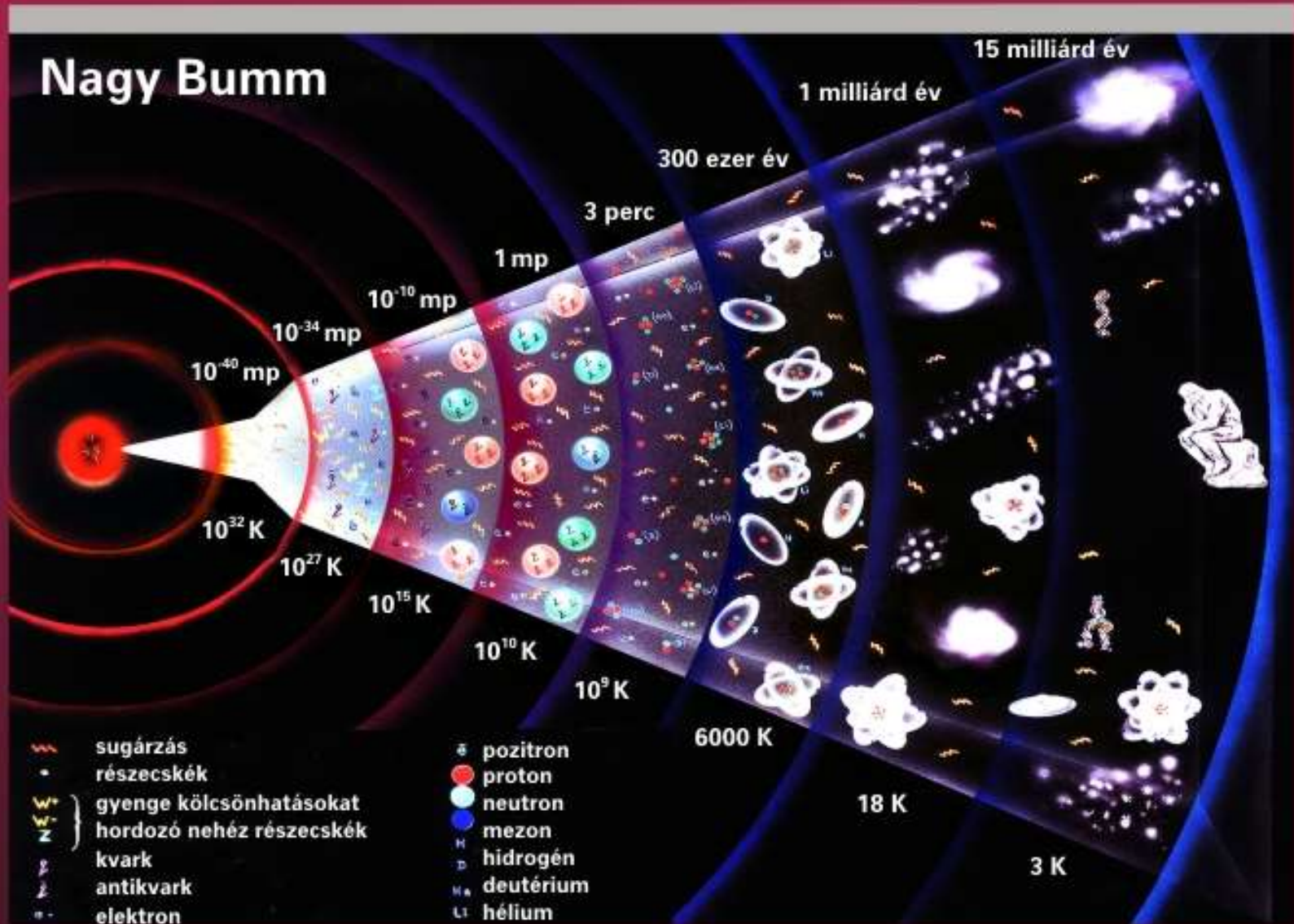
# Kozmikus diffúz gamma-sugárzás



## Az aszimmetria kialakulásának lehetőségei

- a világegyetem kezdeti feltétele, utána minden maradt a régiben**
  - miért lett volna ilyen a kezdeti feltétel**
- a világegyetem fejlődése során alakult ki**
  - tudományos szempontból nézve sokkal elegánsabb**

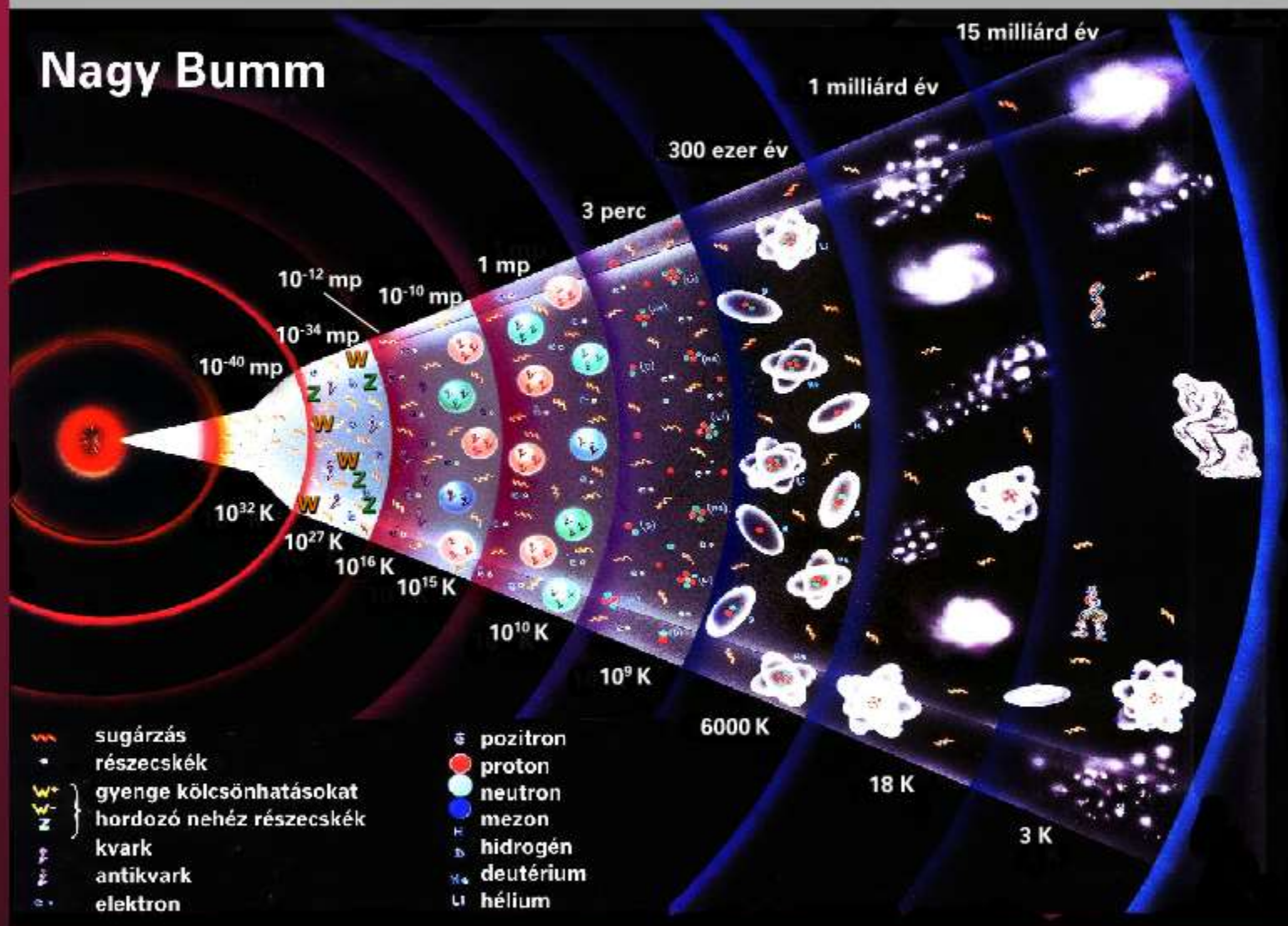
# A világegyetem fejlődése



Forrás: [www.cern.ch](http://www.cern.ch)

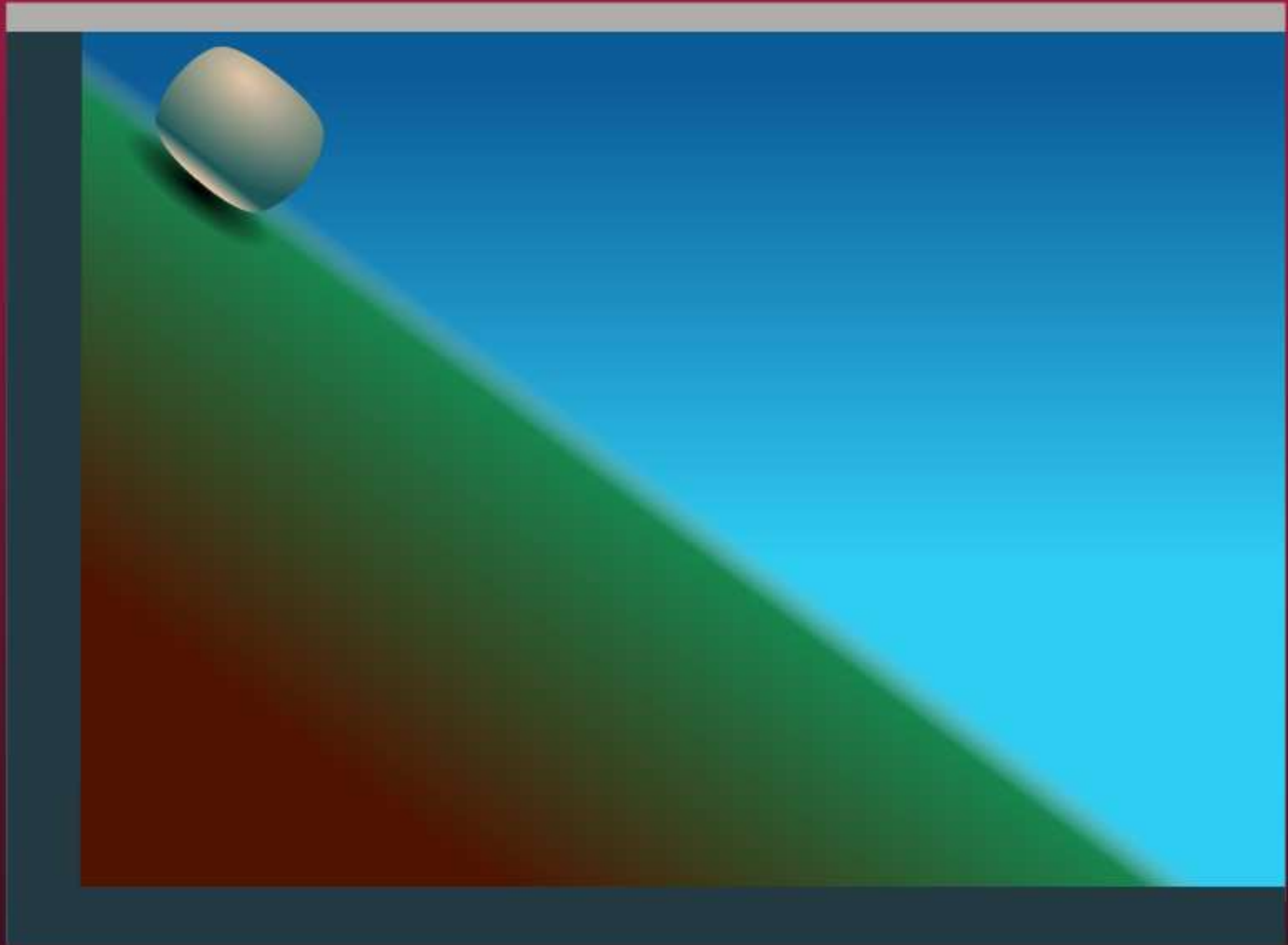
# A világegyetem fejlődése

## Nagy Bumm

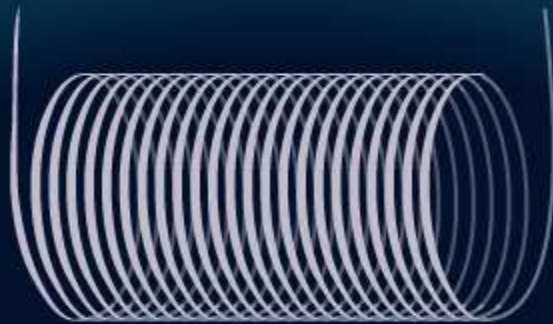




# Klasszikus mechanika



# Klasszikus tér- vagy mezőelmélet



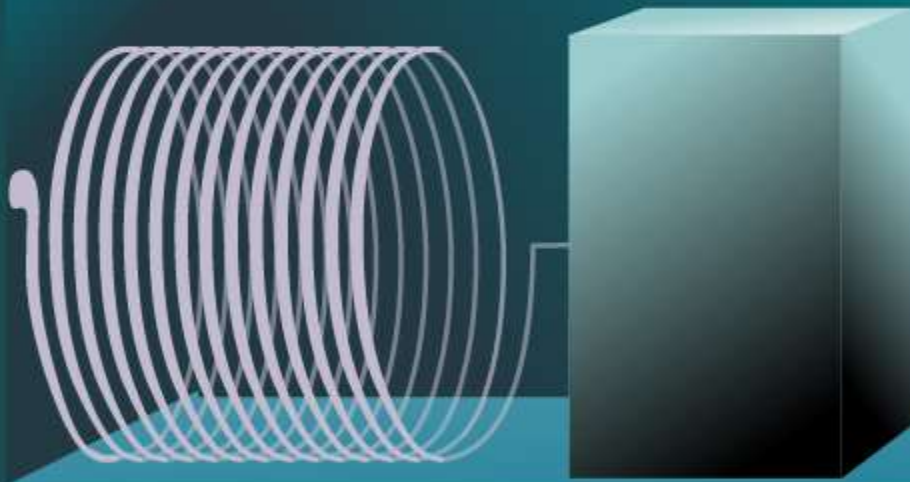
## Kvantált elmélet

a mérhető mennyiségeket nem  
felcserélhető változókkal írjuk le

$$\text{pl.: } \hat{x}\hat{v} \neq \hat{v}\hat{x}$$

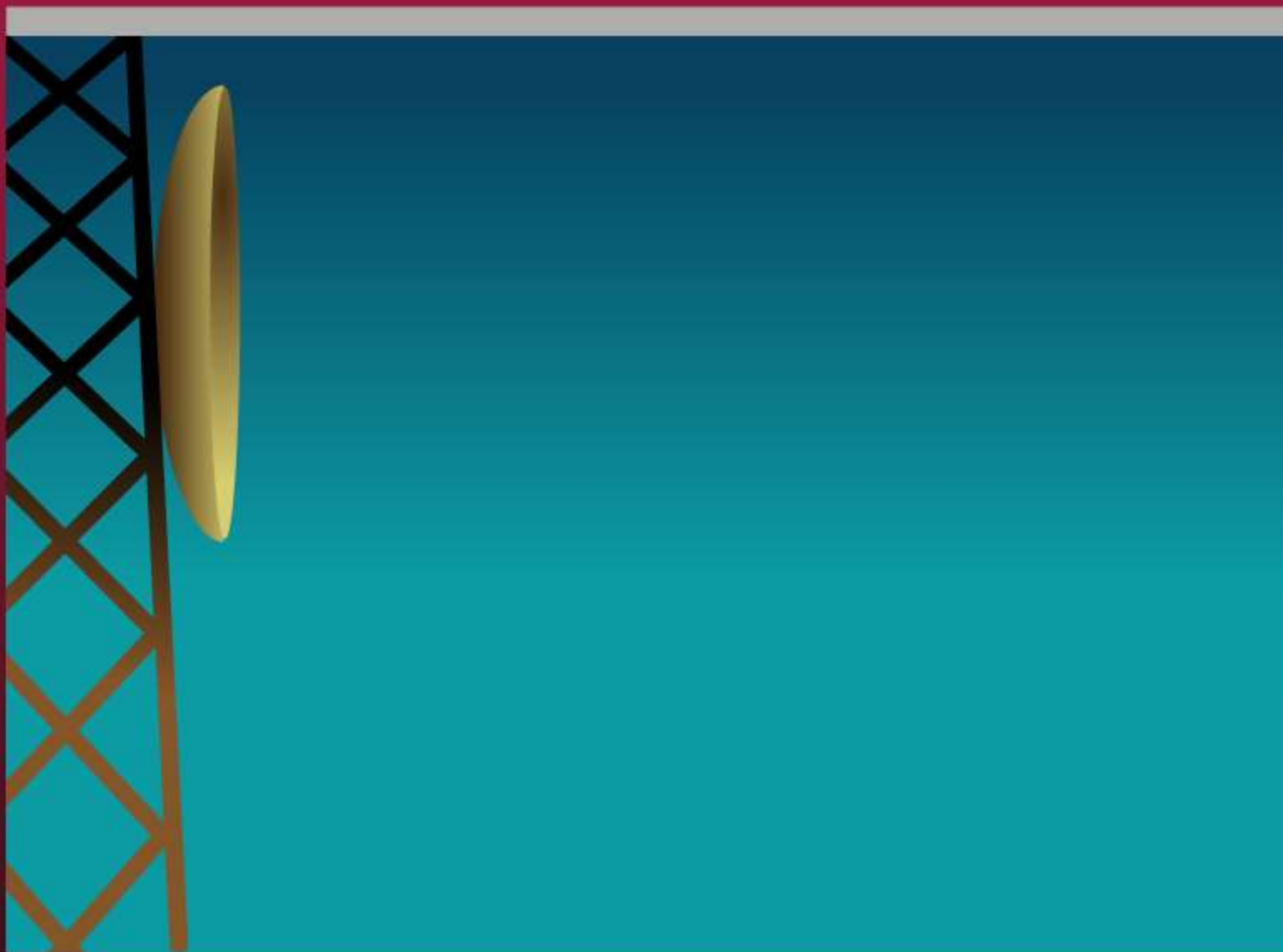
kvantummechanikai hely és sebesség

# Klasszikus mechanika



**az energia tetszőleges értéket vehet fel**

# Klasszikus térelmélet

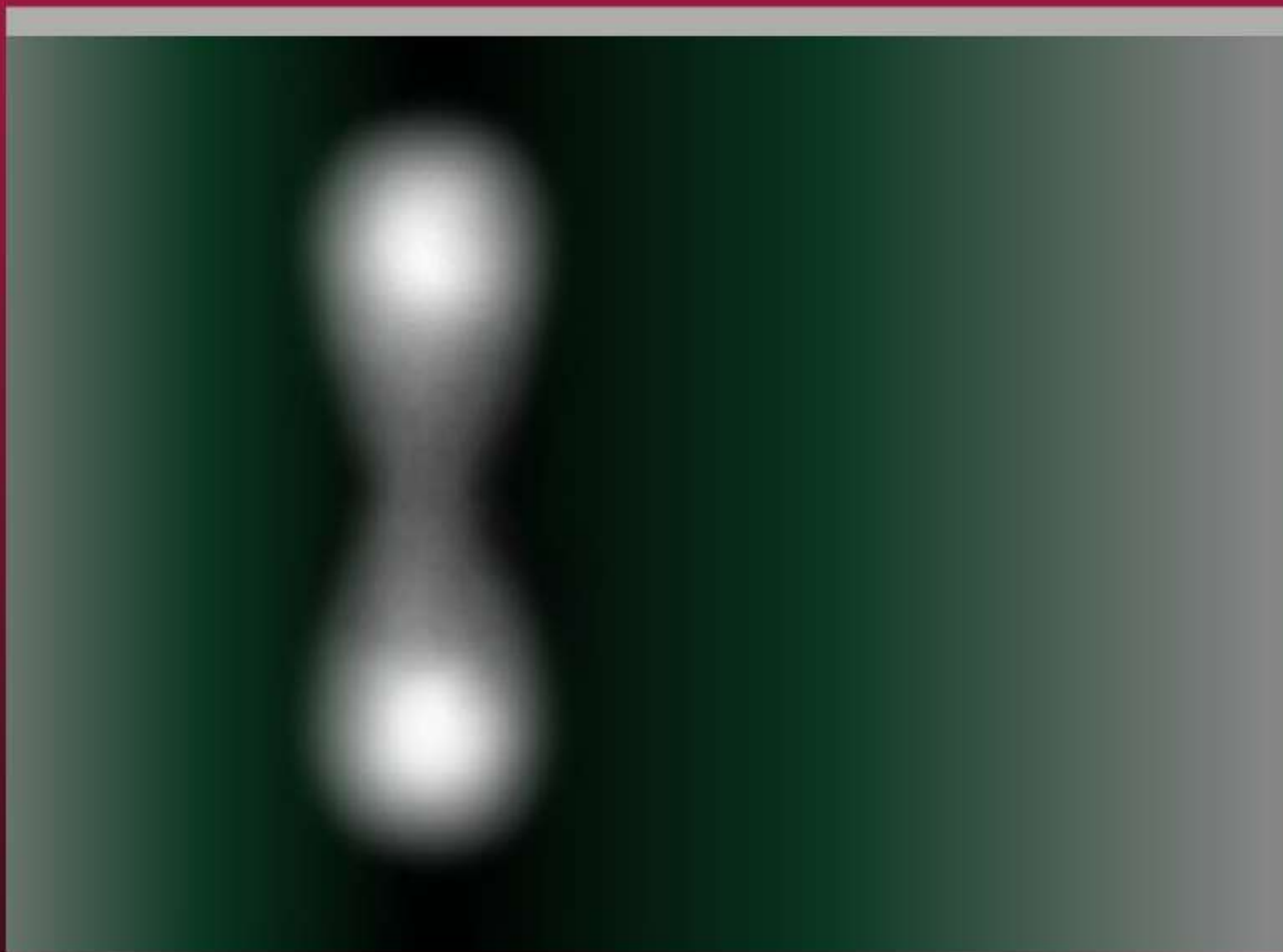


# Kvantummechanika

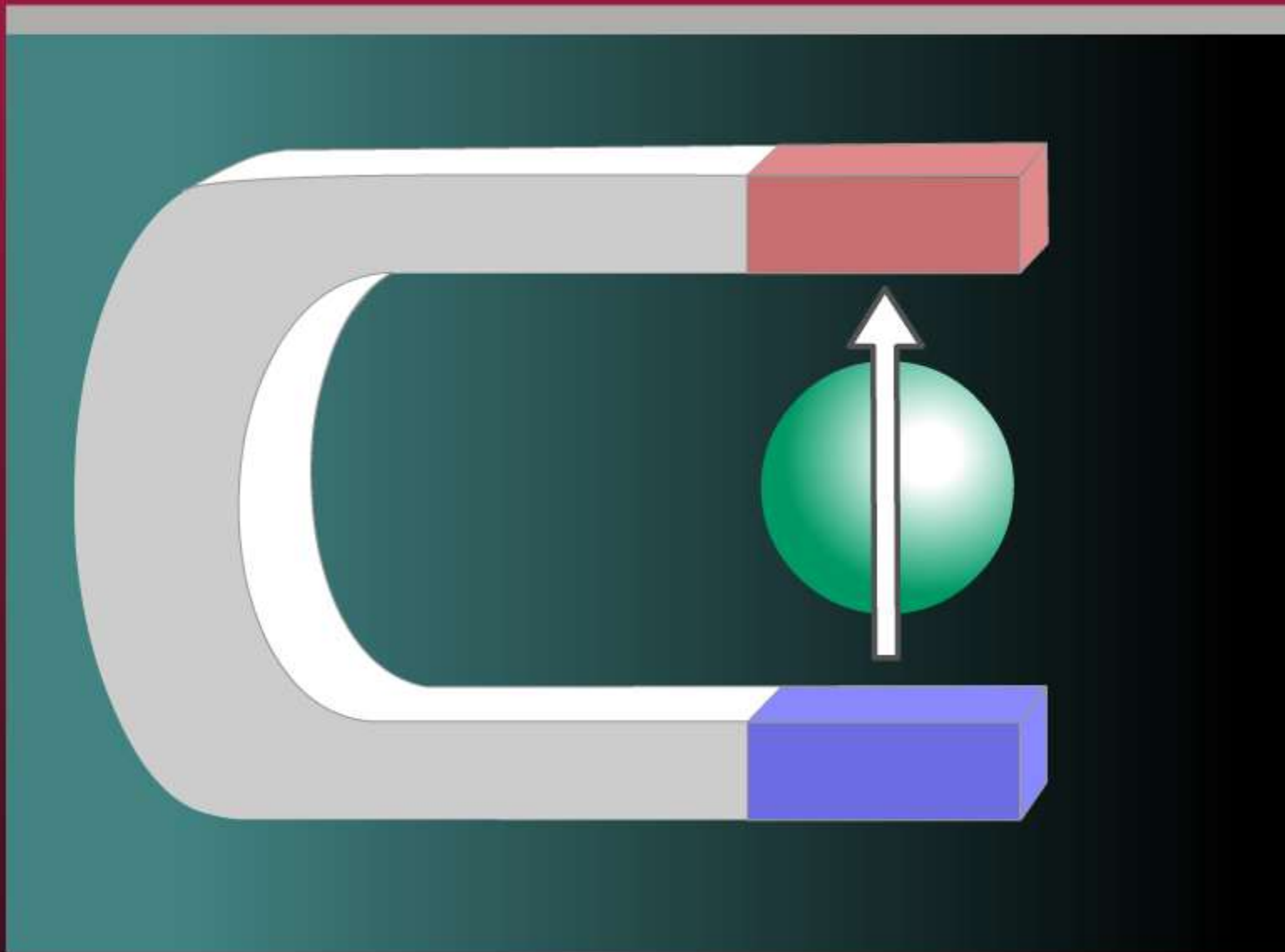


**csak meghatározott állapotok, energiaszintek**

# Kvantumtérelmélet



# Az elektron mágneses momentuma





# Kölcsönhatások

**szimmetriatulajdonságok**

**+**

**belső ellentmondásmentesség**



**egyértelműen megadják a  
kölcsönhatásokat**

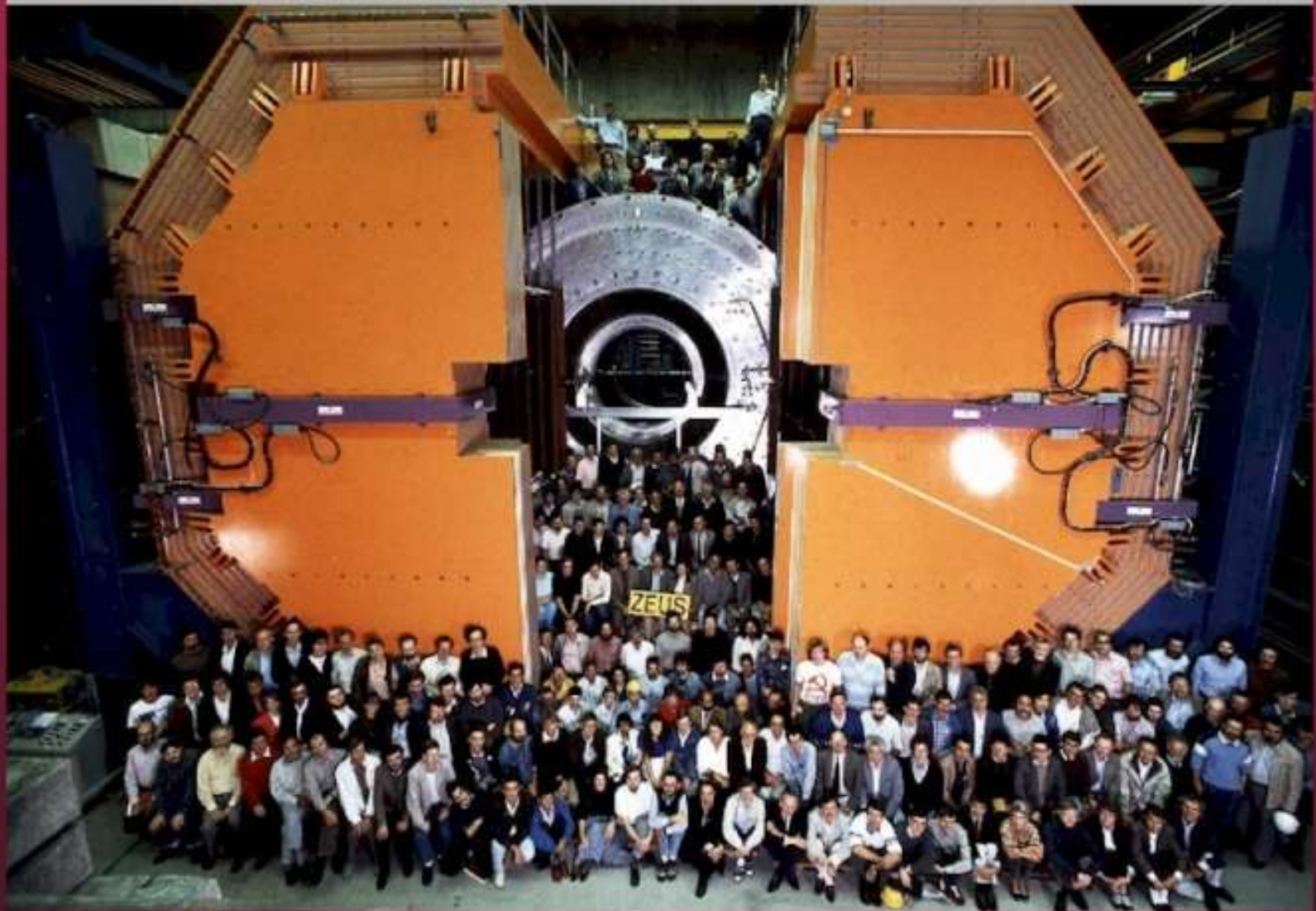
## Példa nélkül álló siker

az elektron mágneses momentuma  
10 tizedes jegyre  
hibahatáron belül egyezik

$$\mu_e = 1,00115965219 \text{ kísérleti mérés}$$

$$\mu_e = 1,00115965215 \text{ elméleti eredmény}$$

# DESY – Zeus detektor



Forrás: [hepweb.rl.ac.uk](http://hepweb.rl.ac.uk)

# Fermilab



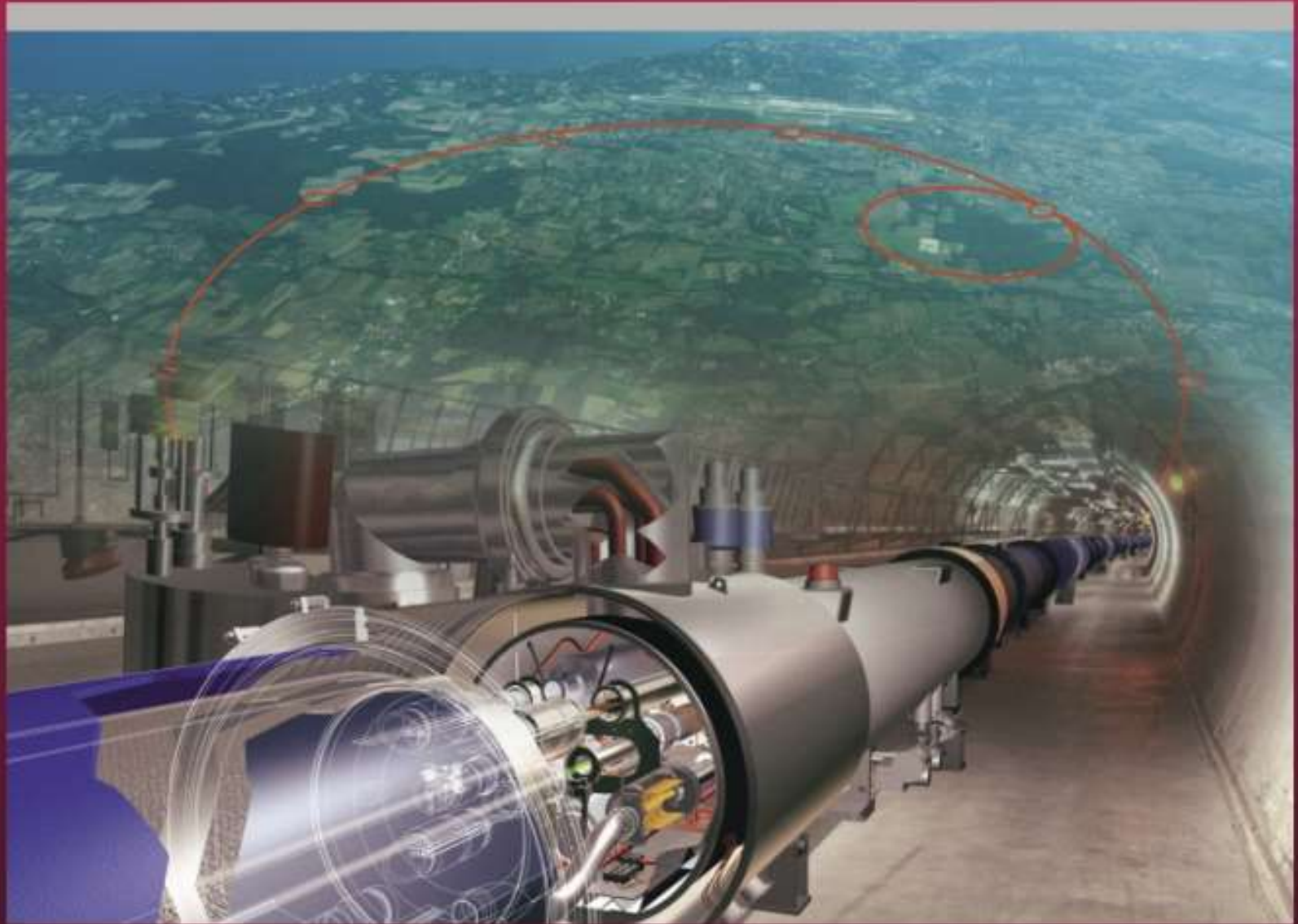
Forrás: [www.tnicol.net](http://www.tnicol.net)

# KEK



Forrás: [www-conf.kek.jp](http://www-conf.kek.jp)

# CERN



Forrás: [www.cern.ch](http://www.cern.ch)

# Ismert részecskék

**fermionok,**  
**saját impulzusmomentum (perdület):  $1/2$**

**lepton ( $L = 1, B = 0$ )**

**$e^-, \nu_e$**

**$\mu^-, \nu_\mu$**

**$\tau^-, \nu_\tau$**

**kvark ( $L = 0, B = 1/3$ )**

**d, u**

**s, c**

**b, t**

**proton:** két u, egy d kvarkból áll

**neutron:** két d, egy u kvarkból áll

**klasszikusan:** B, L megmarad

**kvantumosan:** B – L megmarad, B + L sérül

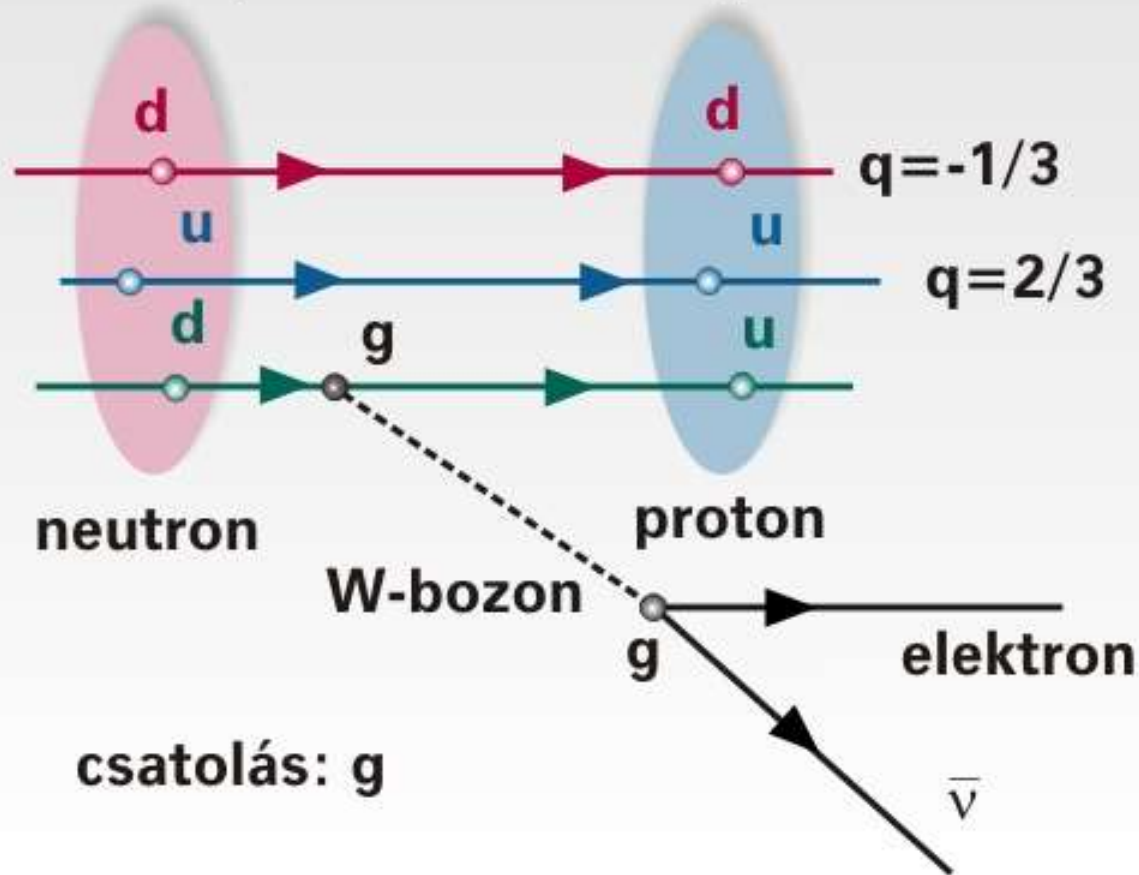
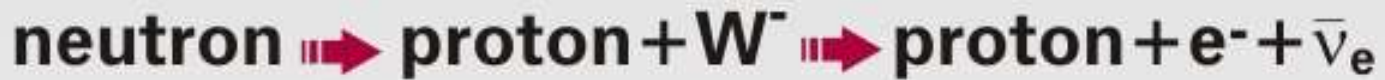
## Ismert kölcsönhatások

**közvetítő bozonok,  
saját impulzusmomentum: egész**

	<b>erősség</b>	<b>közvetítő</b>
<b>erős (atombomba)</b>	<b>1</b>	<b>gluon</b>
<b>elektromágnesség</b>	<b>1/137</b>	<b>foton</b>
<b>gyenge (<math>\beta</math>-bomlás)</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>	<b>bozon, W, Z</b>
<b>gravitáció</b>	<b><math>10^{-40}</math></b>	<b>graviton</b>

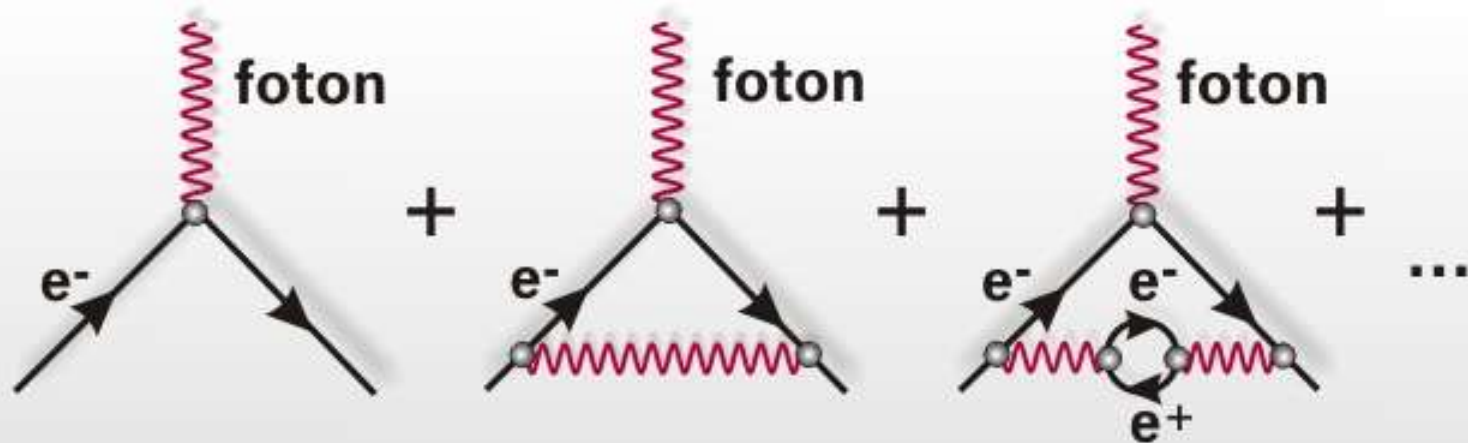


# Elektronyenge folyamatok



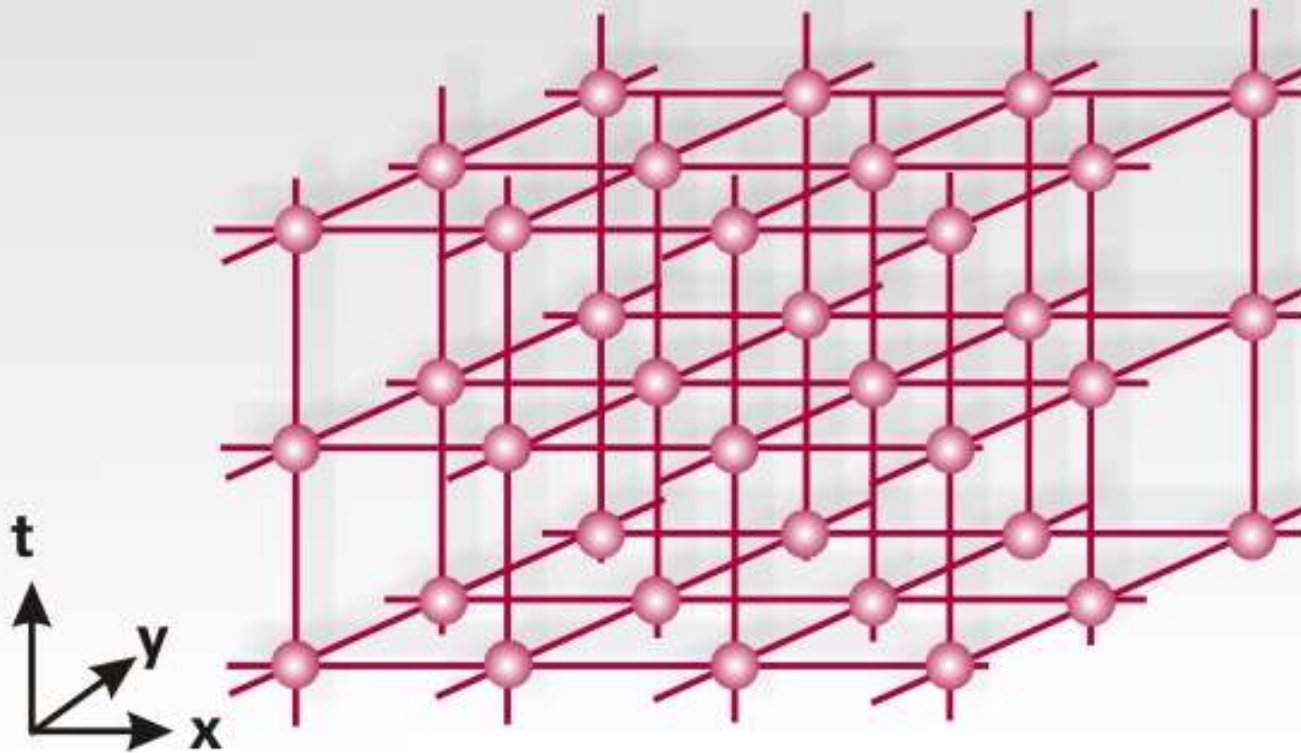
# Az elektron mágneses momentuma

## kölcsönhatás az elektromágneses térrel



**Feynman-gráf: fokozatosan közelít;  
891 gráf, kb. 20 ezer tag**

# Kvantumtérelmélet téridő rácson



**manapság: 10 000 000 000 dimenziós integrálok  
≈ 1000 milliárd művelet másodpercenként**

# Earth Simulator szuperszámítógép (Japán)



Forrás: [www.uni-duesseldorf.de](http://www.uni-duesseldorf.de)

# Eötvös Lóránd Tudományegyetem szuperszámítógép klaszter

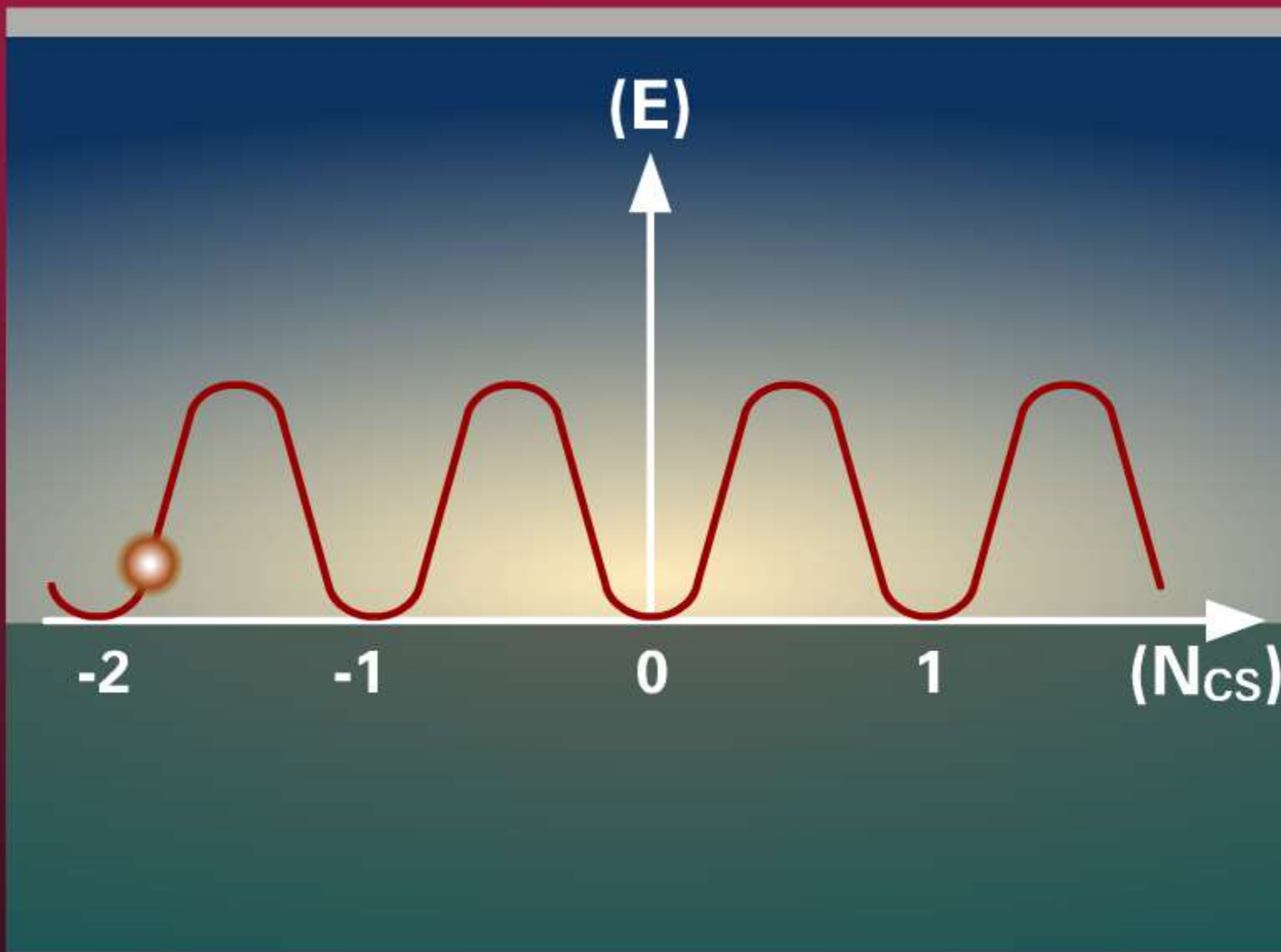


# A barionaszimmetria

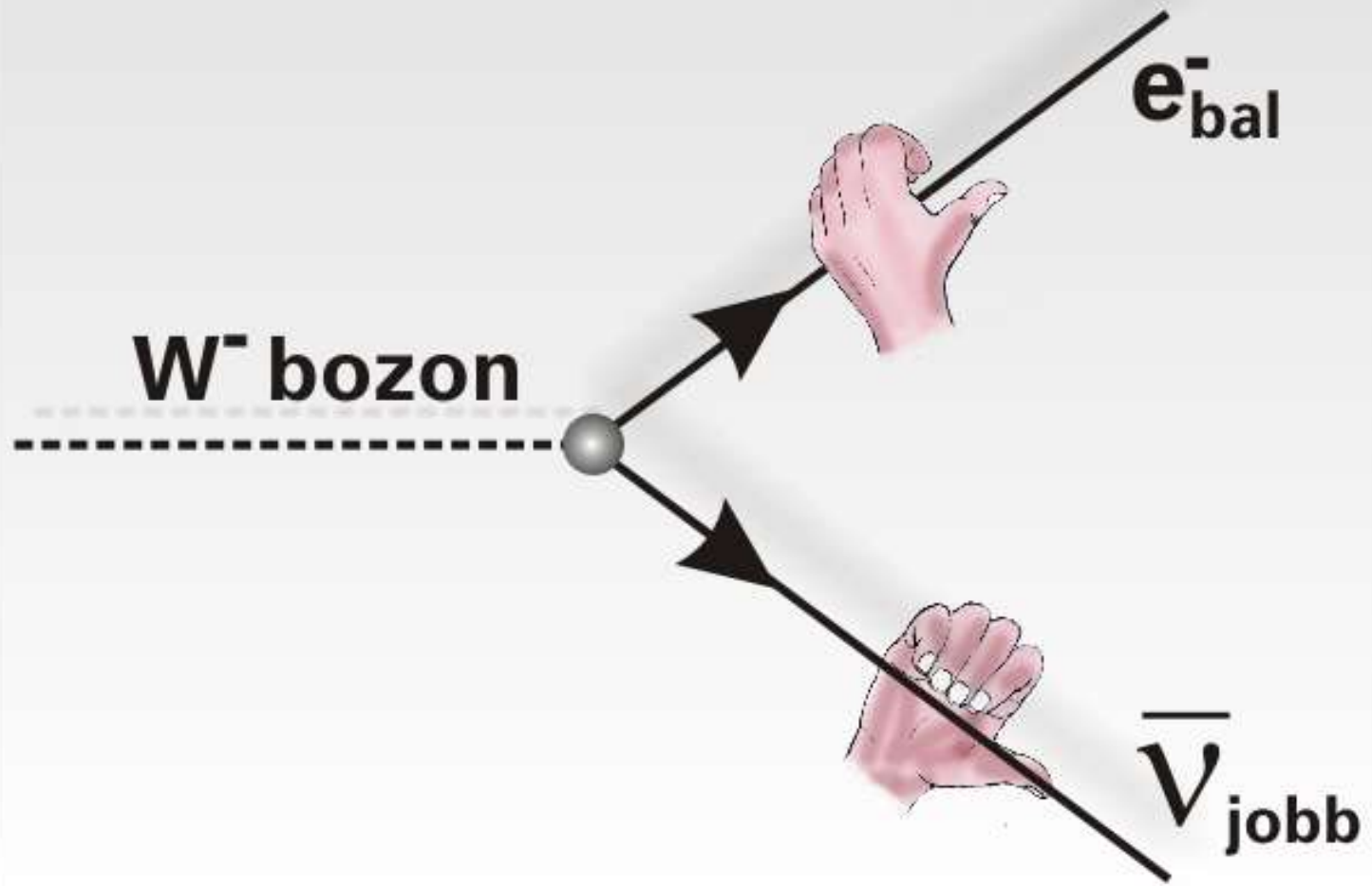
## Szaharov-féle 3 feltétele

- barionszám sértő folyamat**
- C (töltéstükrözés),  
CP (töltéstükrözés + paritás) sértés**
- eltérés a termikus egyensúlytól**

# Anyagszámsérülés

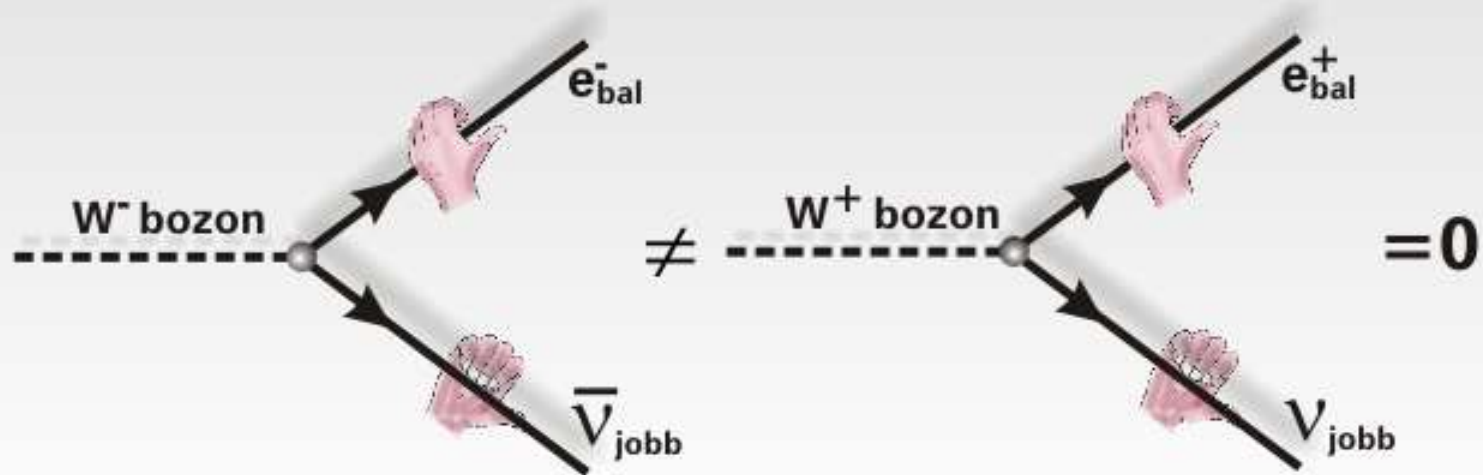


# Neutronbomlás

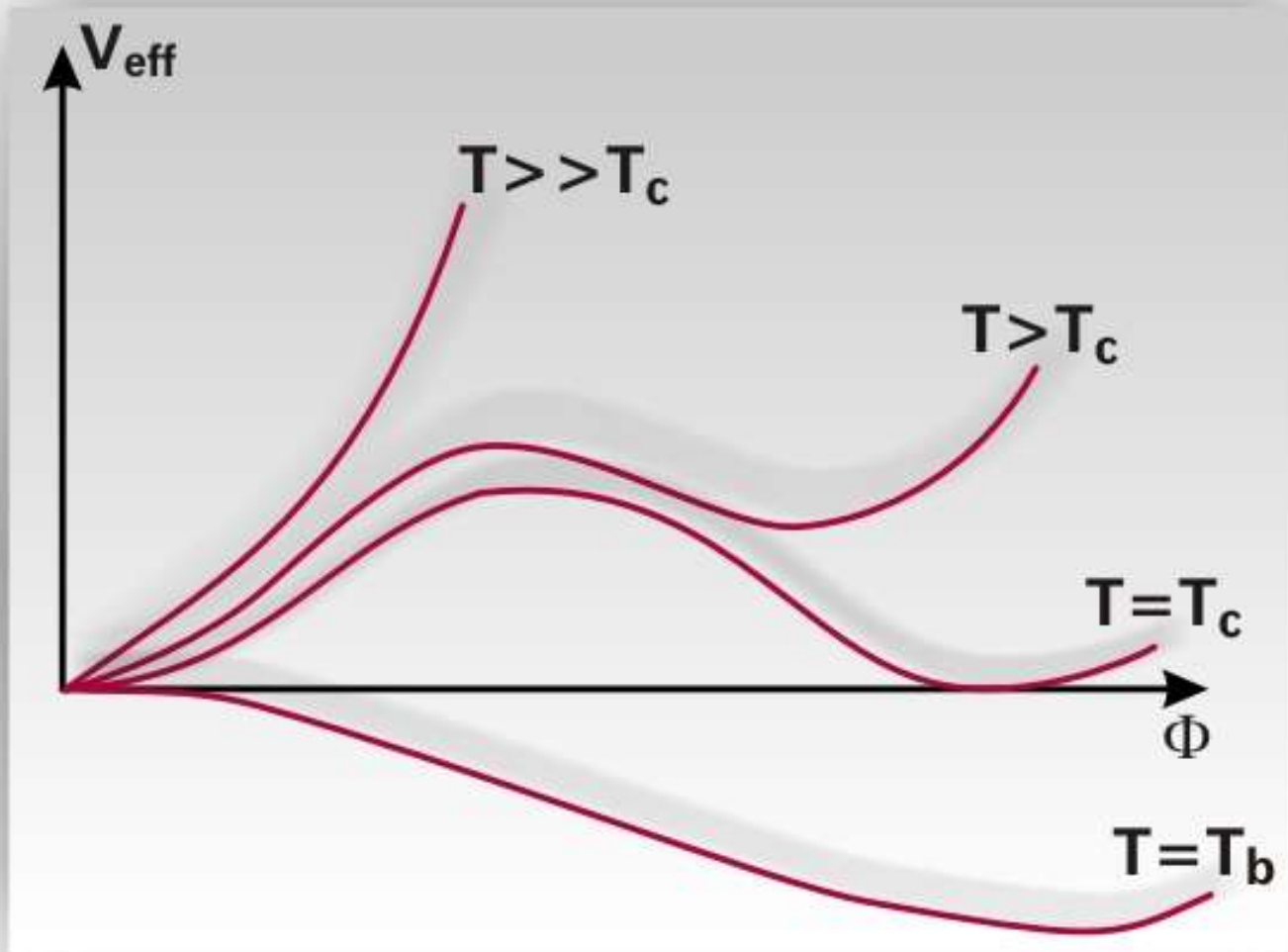




# Töltéstükrözött folyamat



# A világegyetem hűlése és az effektív potenciál közötti kapcsolat



az Univerzum tágul és hűl

# A fázisátmenet folyamata

**túlhűtött állapot**

## Jellemző nagyságrendek

világegyetem kora:  $\sim 10^{-12}$  sec

fázisátmenet időtartama:  $\sim 10^{-14}$  sec

horizont mérete:  $\sim 1$  cm

túlhűlés:  $< 1\%$

világegyetem hőmérséklete:  $\sim 10^{16}$  K

ismeretlen: Higgs-bozon tömege

CERN/LEP:

jelenlegi korlát  $m_H > 100 \cdot$  proton tömege

# Anyag generálásának minimális feltétele

álljanak le az anyagszámsértő  
folyamatok

**kérdés:** mekkora a térváltozó ugrása  
„ $v$ ” a fázisátmenet során?

erős

$$v > T_c$$

B-aszimmetria keletkezett

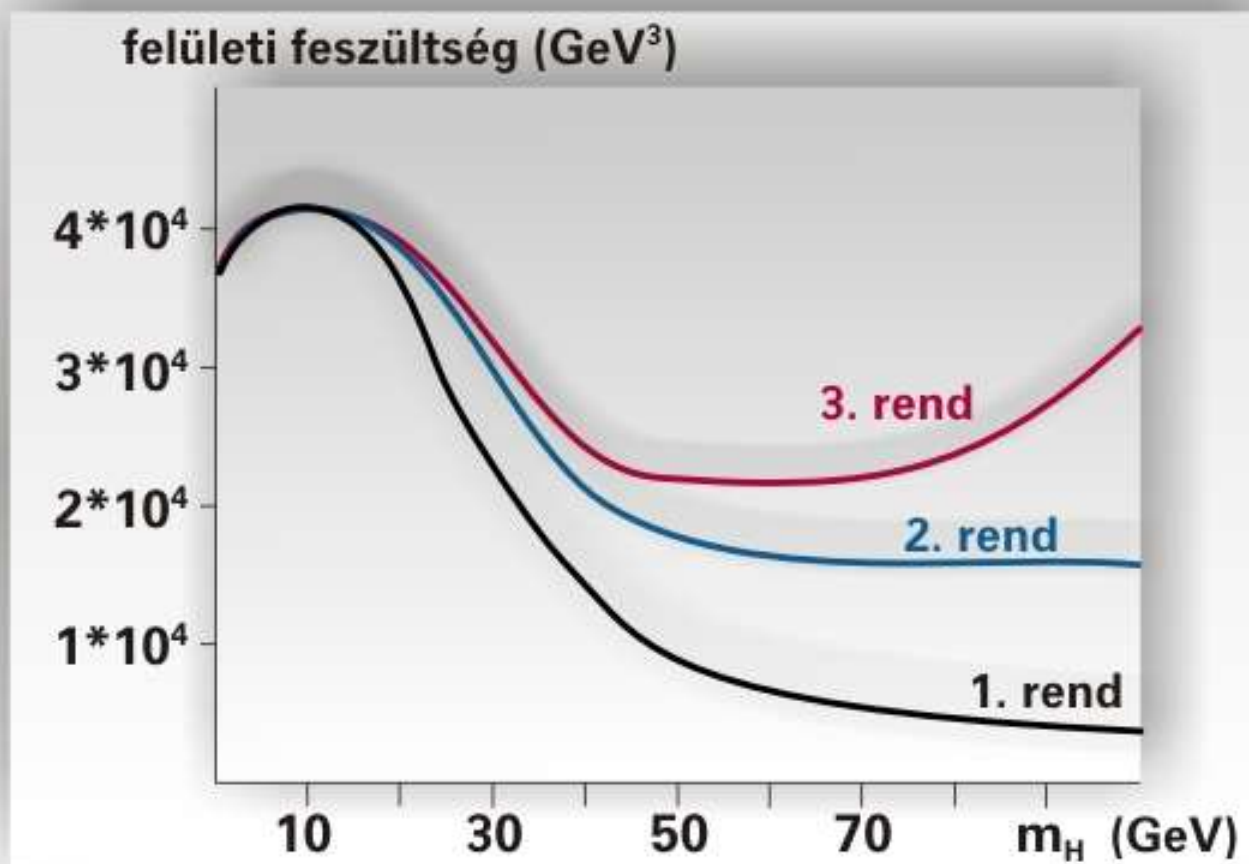
gyenge

$$v < T_c$$

B-aszimmetria kimosódott

# Fokozatos megközelítés módszere

**effektív potenciál: ~200 Feynman-gráf, 3500 tag**

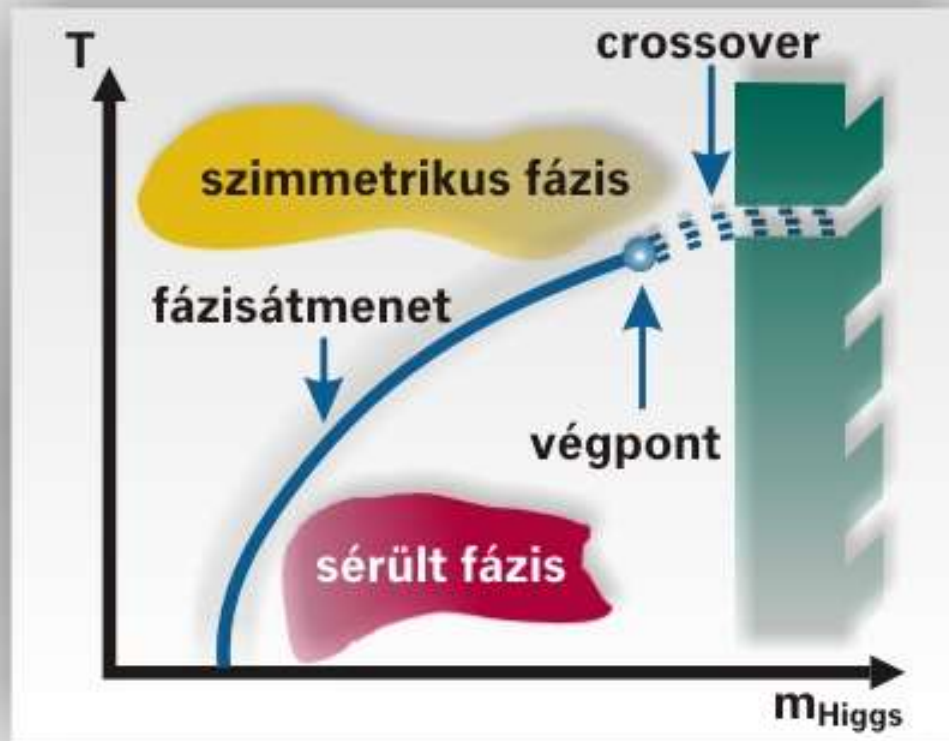


**egyáltalán nem közelít fokozatosan**

# Fázisdiagram

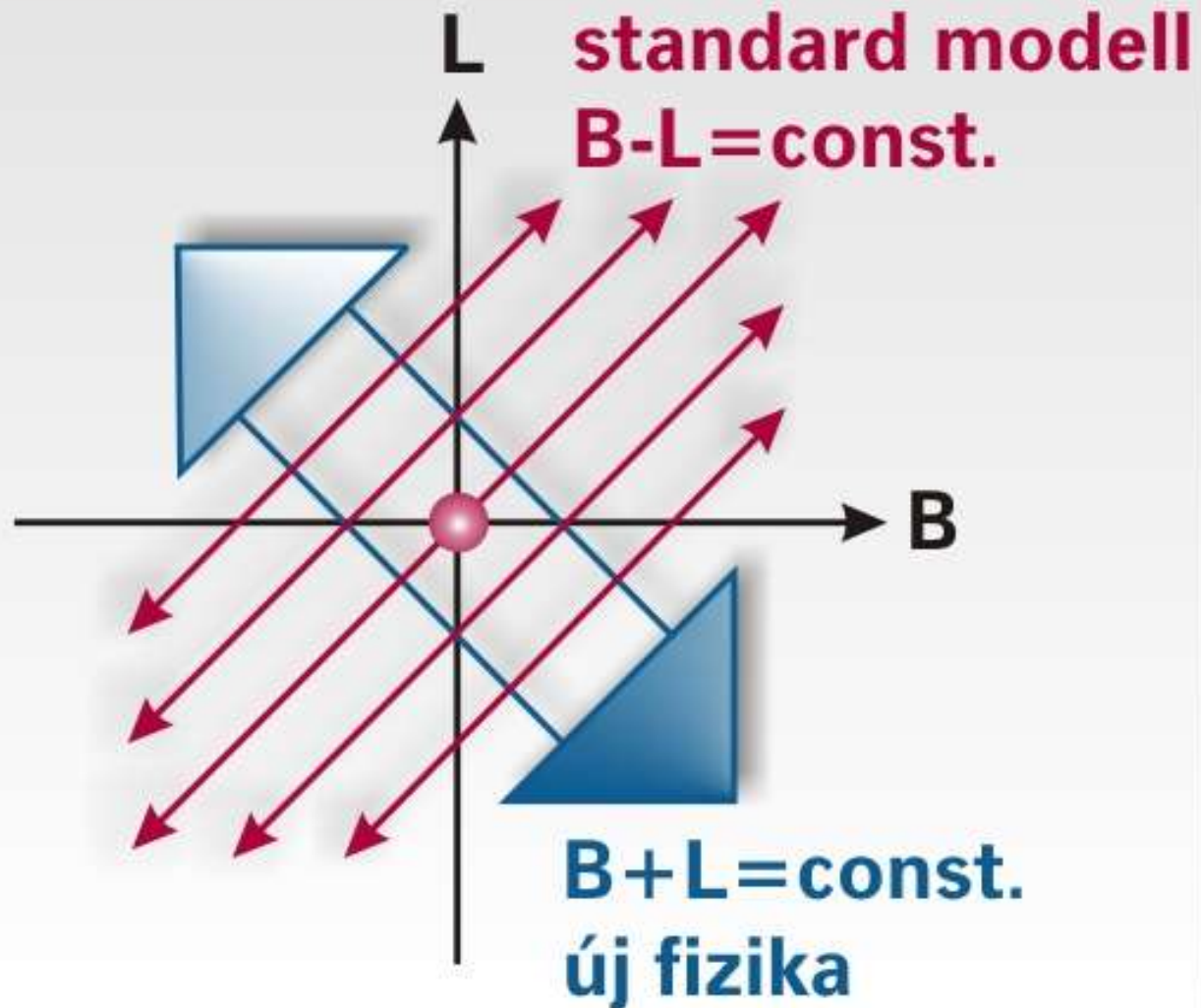
**rácseredmény:**

$m_H$  növekedtével drasztikusan gyengül a fázisátmenet



$m_H$  (végpont) =  $72 \cdot$ protontömeg  
(kísérletek szerint sokkal nagyobb)

# Következmények





# Az erős kölcsönhatás és a részecskék tömege

**kvarkok**



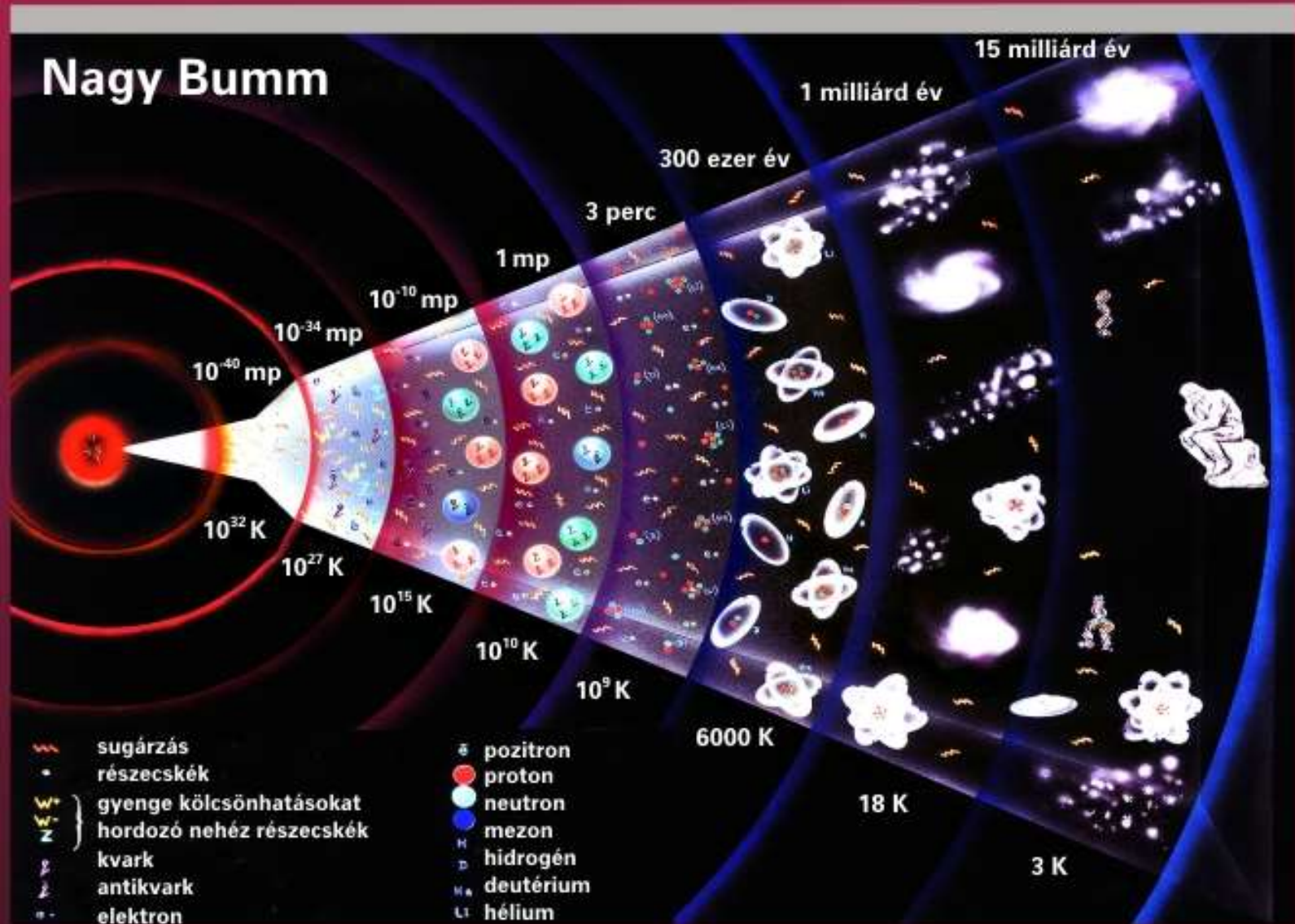
**3x5 gramm**

**proton**



**1 kilogramm**

# A világegyetem fejlődése



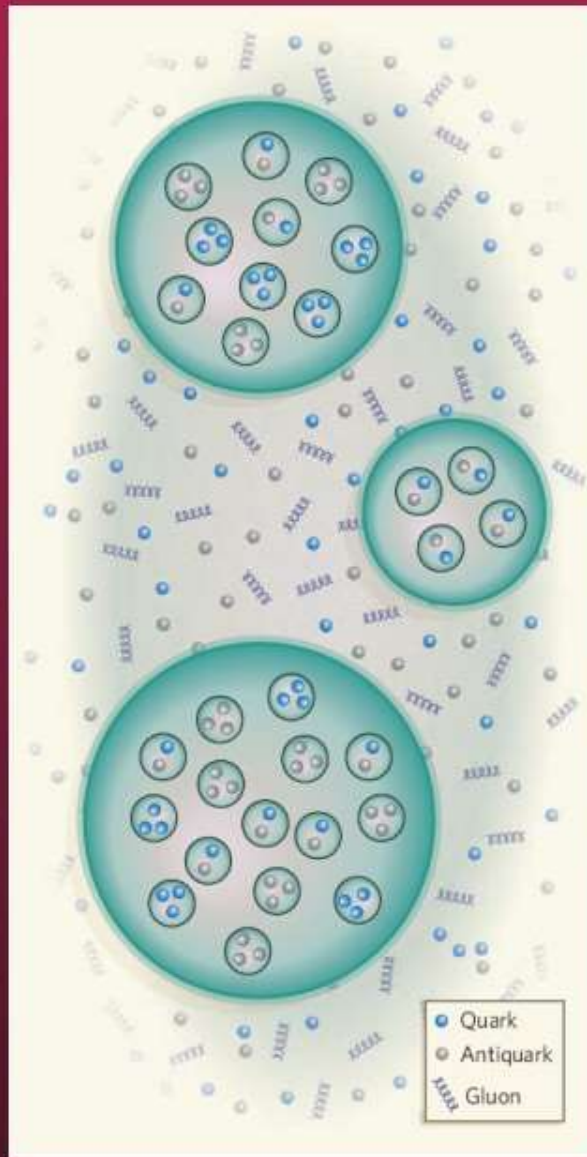
Forrás: [www.cern.ch](http://www.cern.ch)

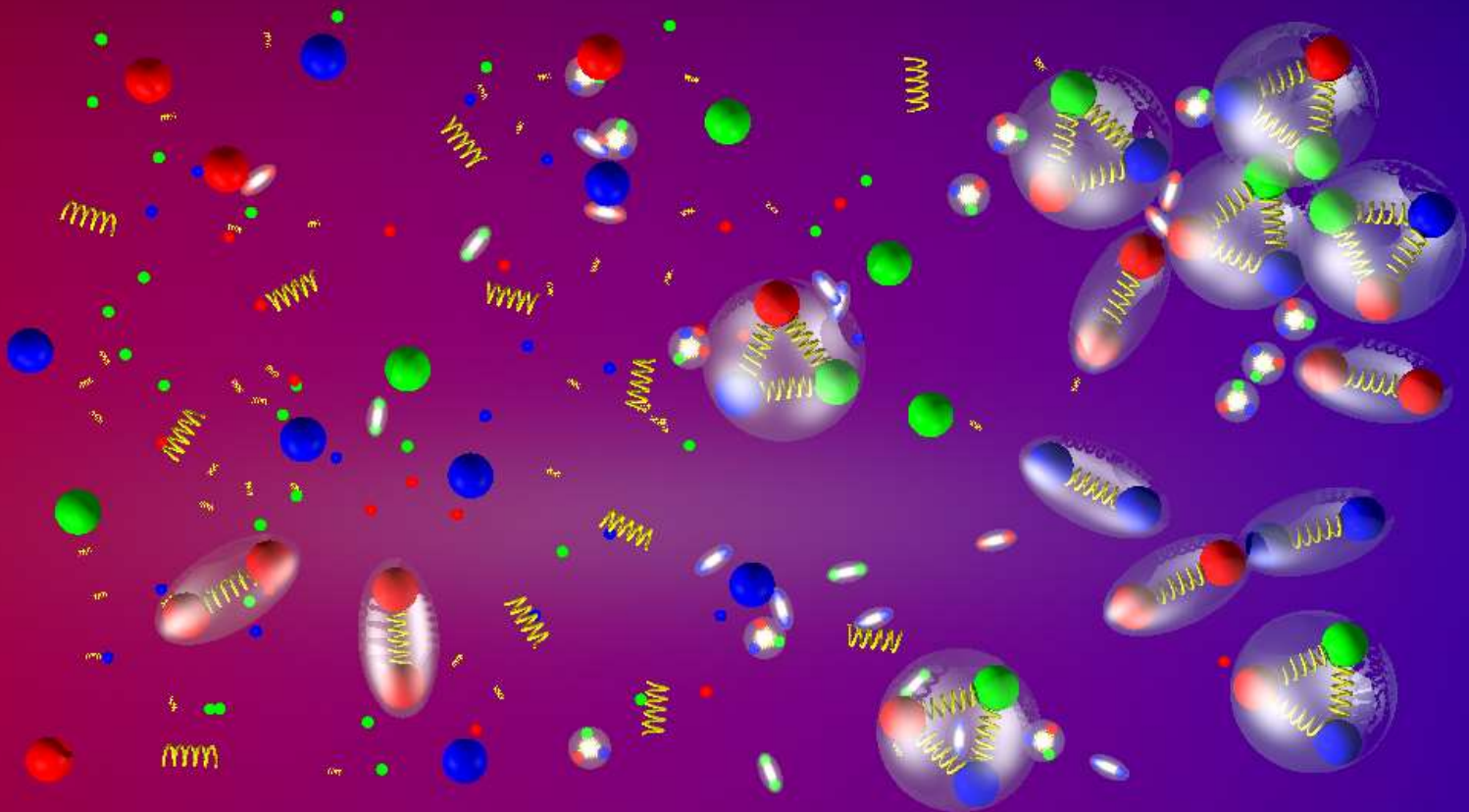
**A világegyetem tágulása során  
a kvark-gluon plazmából létrejönnek  
a protonok/neutronok**

**Kérdések:**

**volt-e igazi fázisátmenet?**

**mekkora volt a hőmérséklet?**





Forró

A világegyetem tágulása

Hideg