

A Világegyetem legforgóbb örvényei

Csörgő Tamás, MTA Wigner FK és EKE KRC, Gyöngyös

Az ember által előállított legfor(r)góbb anyag legújabb tulajdonságai

A KVAROK FOLYADÉKÁNAK MEGLEPŐ TULAJDONSÁGAI

MÉRŐ

A nagyenergiás magfizikában a legfontosabb nevezett relativisztikus nehézion-ütközéshez igen közeli sebességű nehézion-ütközések egymással. Ezen ütközések során az anyag pillantással a Világegyetemünk keletkezését Nagy Bumm után uralkodott. Emiatt a részecskék ütközéseket – a bennük uralkodó óriási ütközéseknek



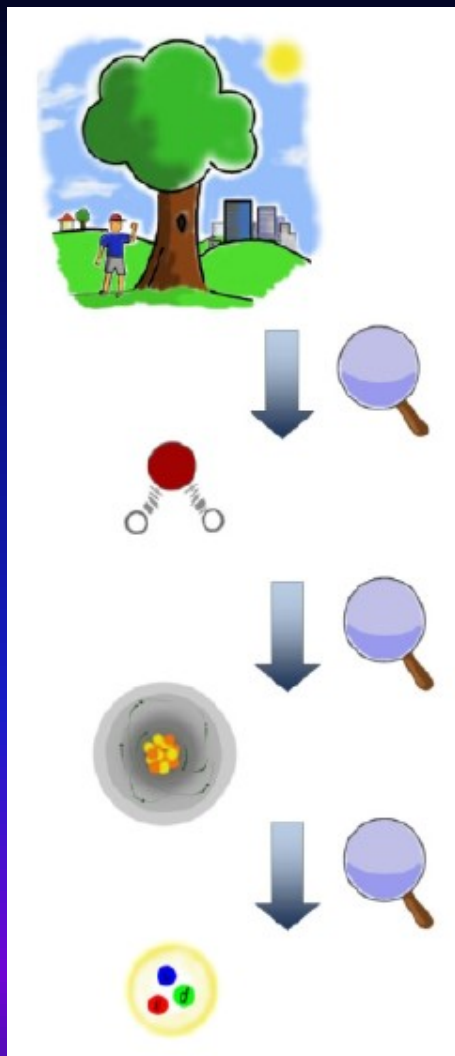
ÖVEK

Összeállítás kérdéseket óriási gyorsítók, az úgynevezett fel a Természetnek. A fénysebességnél nehezebb atommagokat ütköztetünk egymással, amilyen egy szemperc alatt néhány másodperccel a világban zajló nehézion-ütközések miatt – Kis

OTKA

A cikk az OTKA és az Élet és Tudomány közös pályázatán első helyezést ért el.

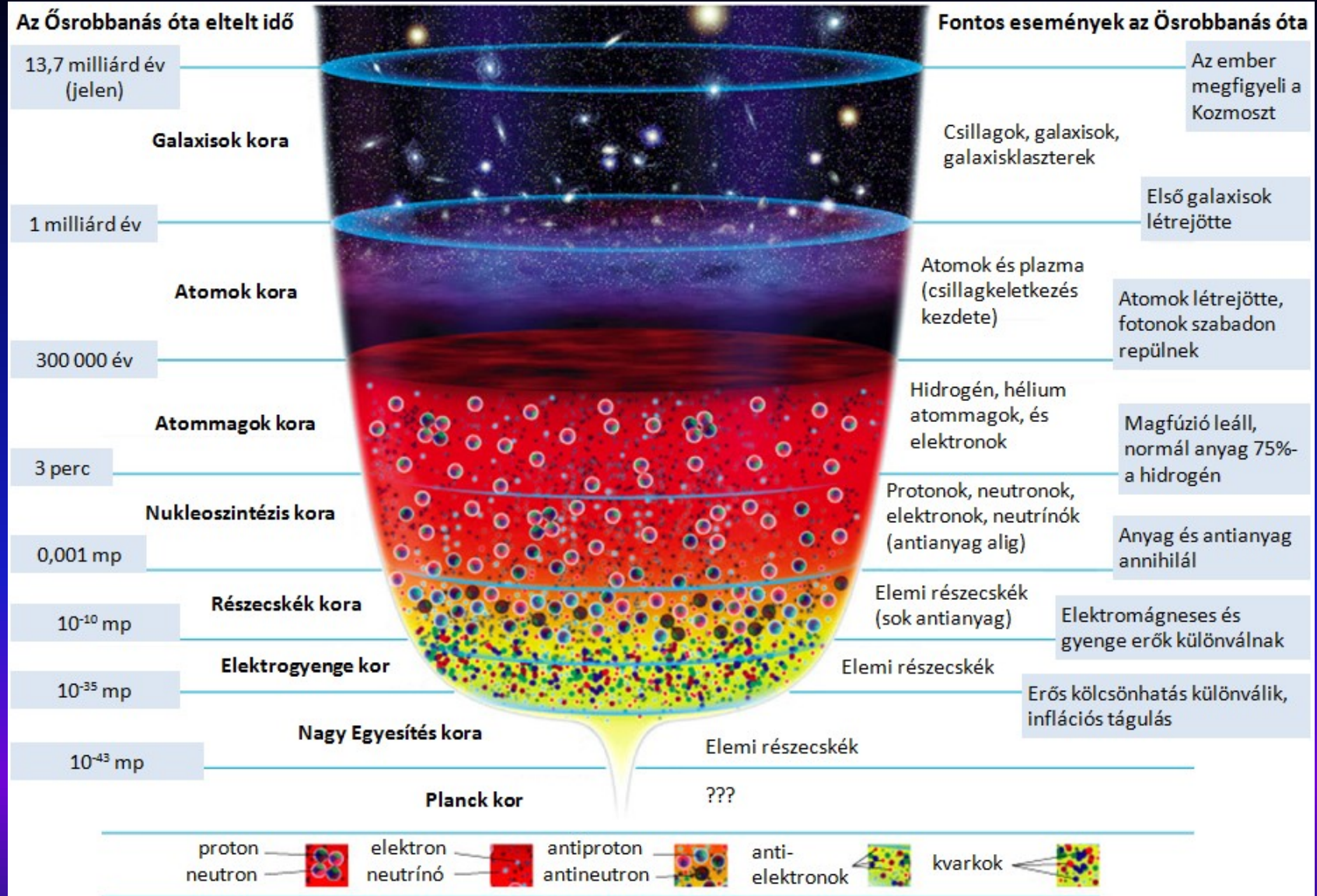
ALAPVETŐ KÉRDÉS: MIBŐL VAGYUNK?



Fermionok				
Kvarkok	2.4 MeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u up	1.27 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c charm	171.2 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t top	
	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e elektron neutrínó	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ műon neutrínó	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrínó	91.2 GeV 0 1 Z ⁰ gyenge
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e elektron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ műon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 W [±] gyenge
				Bozonok

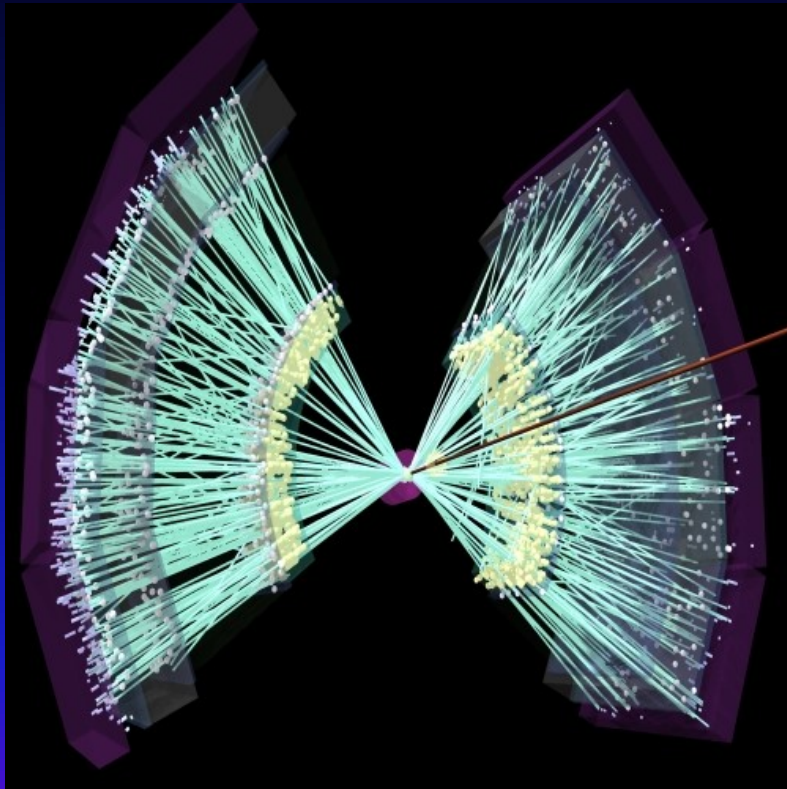
A modern fizika válasza kissé komplikált, de kézzel foghatóvá tehető:
Csörgő J, Török Cs, Csörgő T.: Részecskés kártyajáték – elemi részecskék, játékosan (2011)

VILÁGEGYETEMÜNK ÉS A MAI FIZIKA

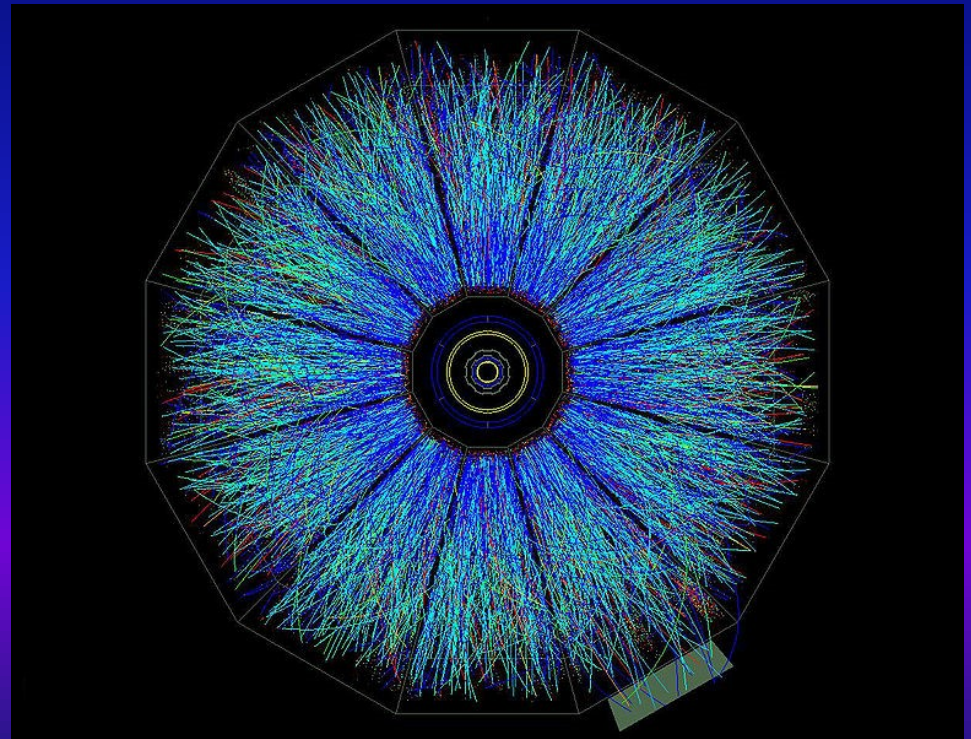


KVARKFOLYADÉK - KÍSÉRLETILEG

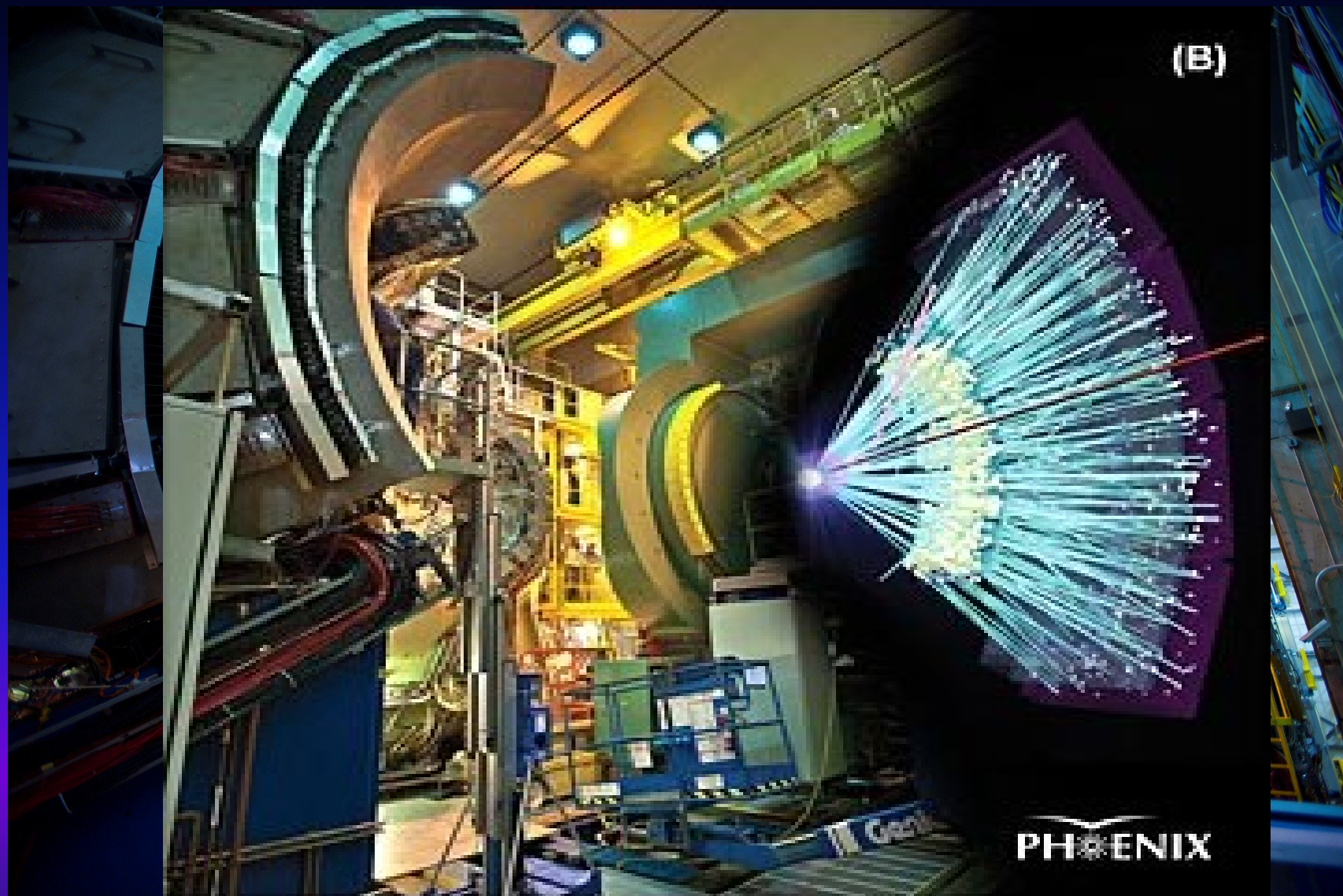
A kvarkok tökéletes folyadékát, angol rövidítésével az sQGP-t az USA Brookhaveni Nemzeti Laboratóriumában a PHENIX és a STAR kísérletben fedezték fel a RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) gyorsítóban.



A tökéletes kvarkfolyadék, az sQGP tulajdonságait megerősítette és további részletekkel gazdagította a CERH LHC ALICE, ALTAS és CMS kísérlete.



A RHIC GYORSÍTÓ PHENIX KÍSÉRLETE



A sikeres kutatás kulcsa a RHC ütközéseinek a változatossága:
(p,d,He,Cu,Au,U)+(p,d,He,Cu,Au,U), $\sqrt{s} = 5 - 500$ GeV

ÉLŐ KAPCSOLAT A PHENIX FIZIKÁVAL



Magyarok Amerikában, forró nyomon az Ősanyag nyomában

Cs.T., Novák Tamás (Wigner, KRF), Kőfaragó M, Nagy M, Vargyas M a PHENIX(b)en

<http://www.otka.hu/otka-magazin/a-honap-kutatoja/2013-januar>

ÉLŐ KAPCSOLAT A CERN FIZIKÁJÁVAL

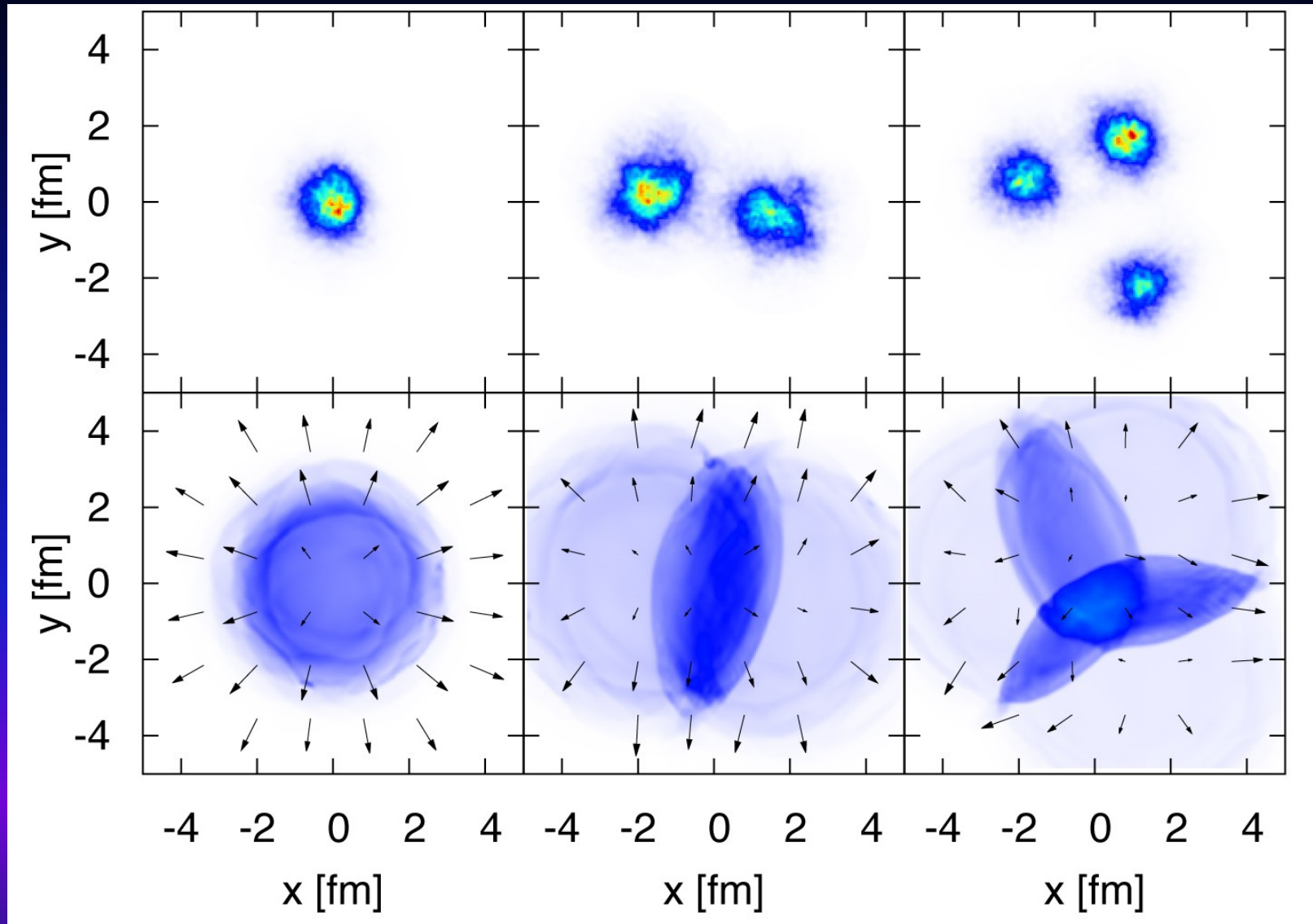
cmseye06 2013-01-29 13:59:23



Berzés öregdiákok a CERN-ben, a protonok nyomában:

Cs.T. és Novák Tamás (Wigner és KRF, TOTEM) és Szillásy Zoltán (CMS) a mérésen

A TÖKÉLETES KVARKFOLYADÉK CSEPPJEI



A KVARKFOLYADÉK TULAJDONSÁGAI

A RHIC-nél

Au+Au:

Új jelenség

Új anyag

Folyadék halmazáll.

Kvarkok folynak

A folyás \sim tökéletes

Jellemzői:

Opálos, $R_{AA} \sim 0.2$

Csillapítási hossz ~ 2 fm

$C_s = 0.35 \pm 0.05$

$\eta/s \leq$ szuperfolyékony He/5

$T_{init} \geq 4 \times 10^{12}$ K

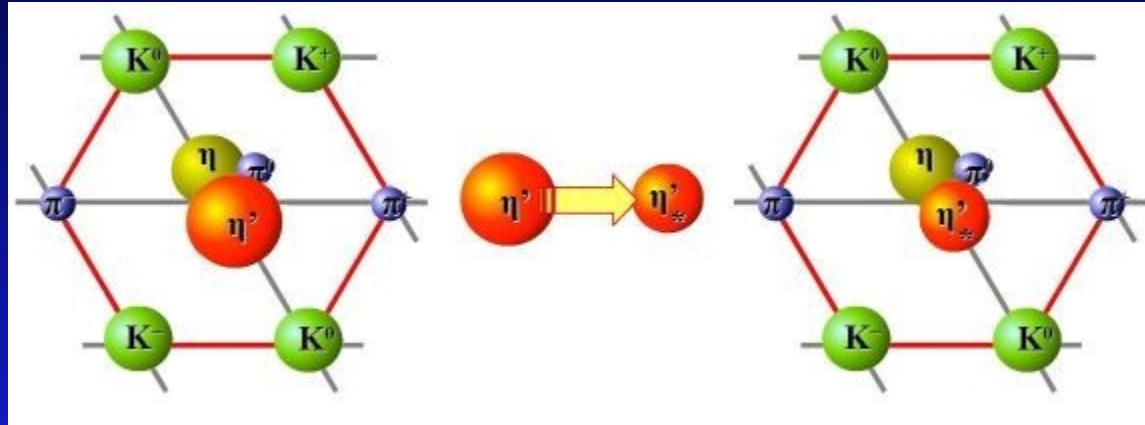
$\epsilon_{init} \geq 15$ GeV/fm³

$p_{init} \geq 1.5$ GeV/fm³

Forró, robban, folyik!

A RHIC-nél

az η' mezon tömegcsökkenése
egy elveszett szimmetria helyreáll



T. Cs, R. Vértési, J. Sziklai

Phys.Rev.Lett.105:182301,2010

Leújabb mérési eredmények
sem állnak ellentmondásban
az η' mezon tömegcsökkenésével
PHENIX, (Csanád M, Lökös S,....)

Phys.Rev. C97 (2018) no.6, 064911

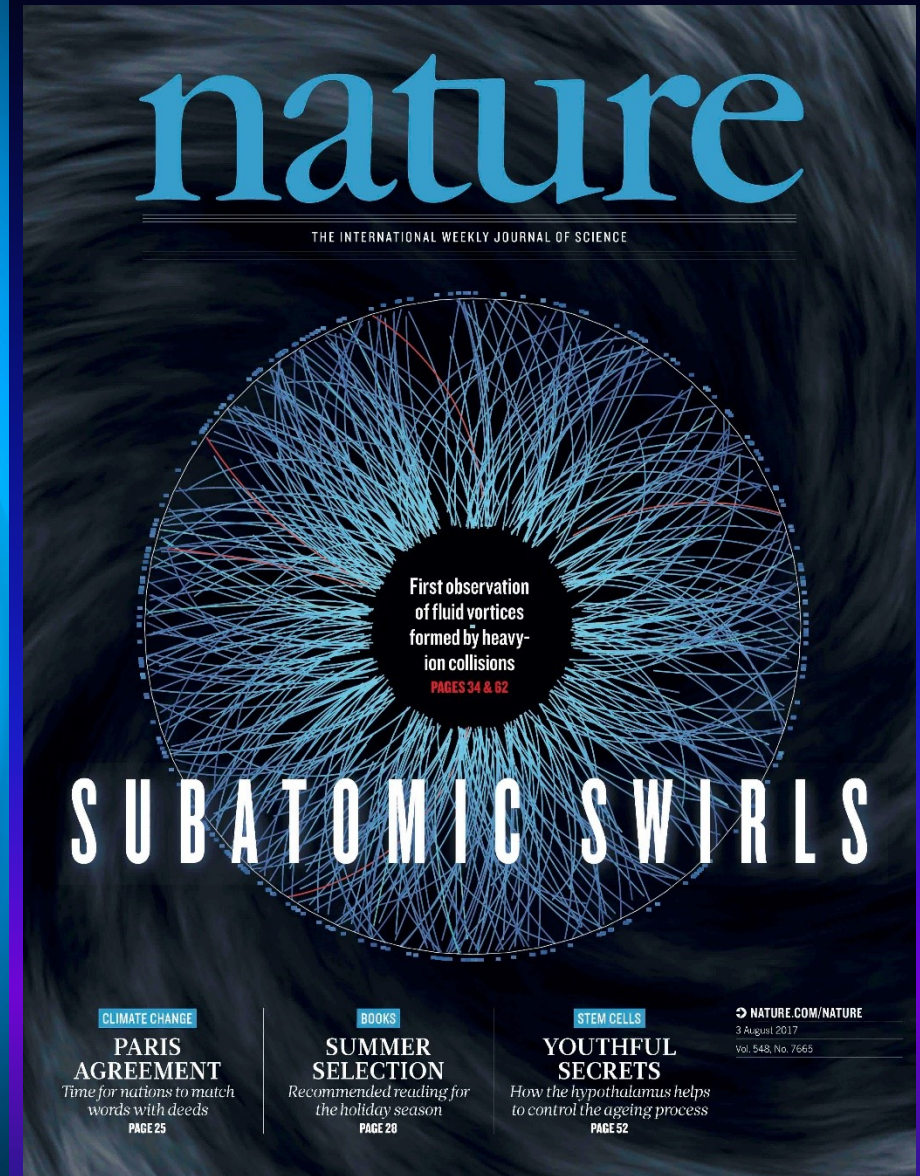
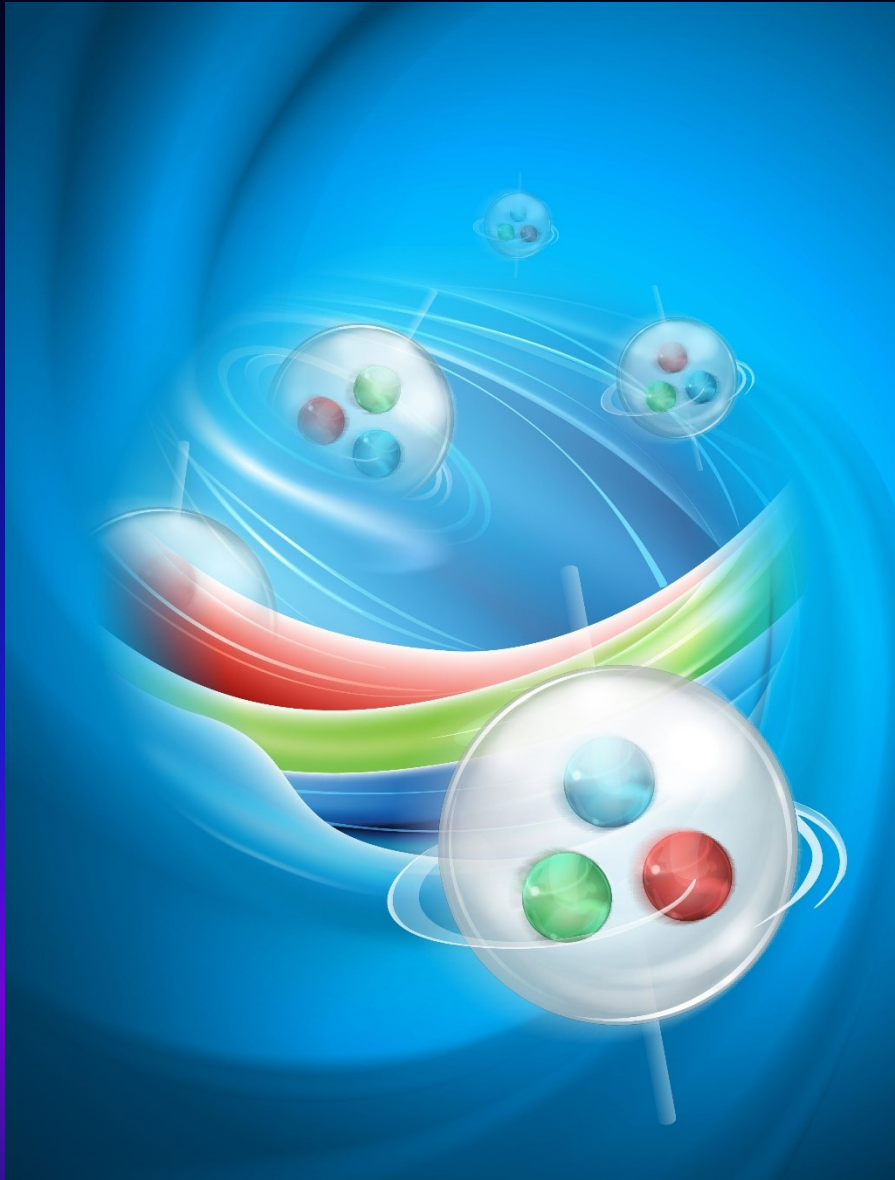
[arXiv:1709.05649](https://arxiv.org/abs/1709.05649)

A RHIC GYORSÍTÓ STAR KÍSÉRLETE



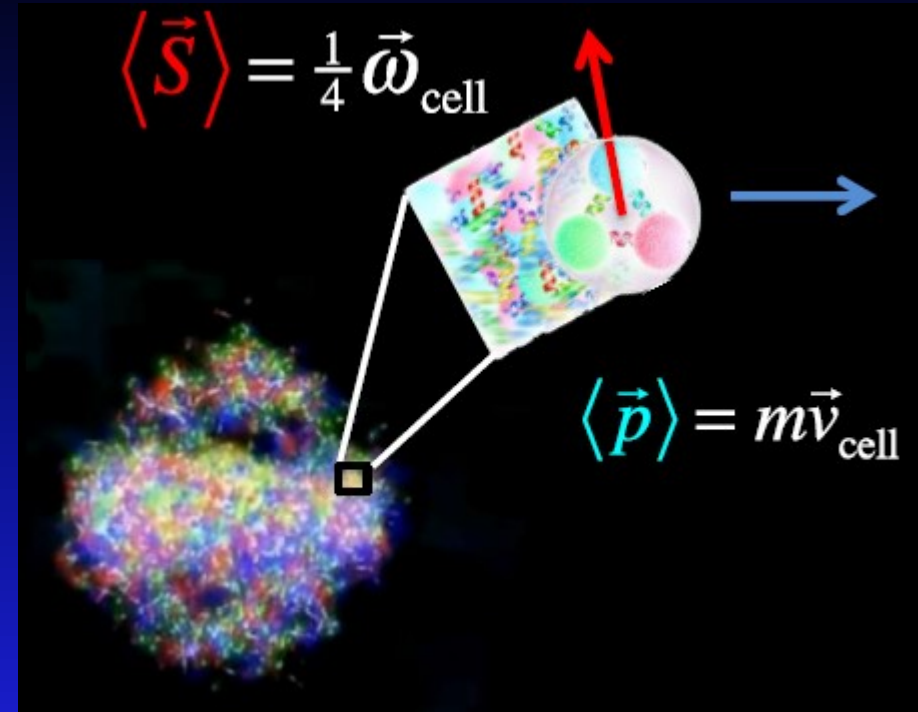
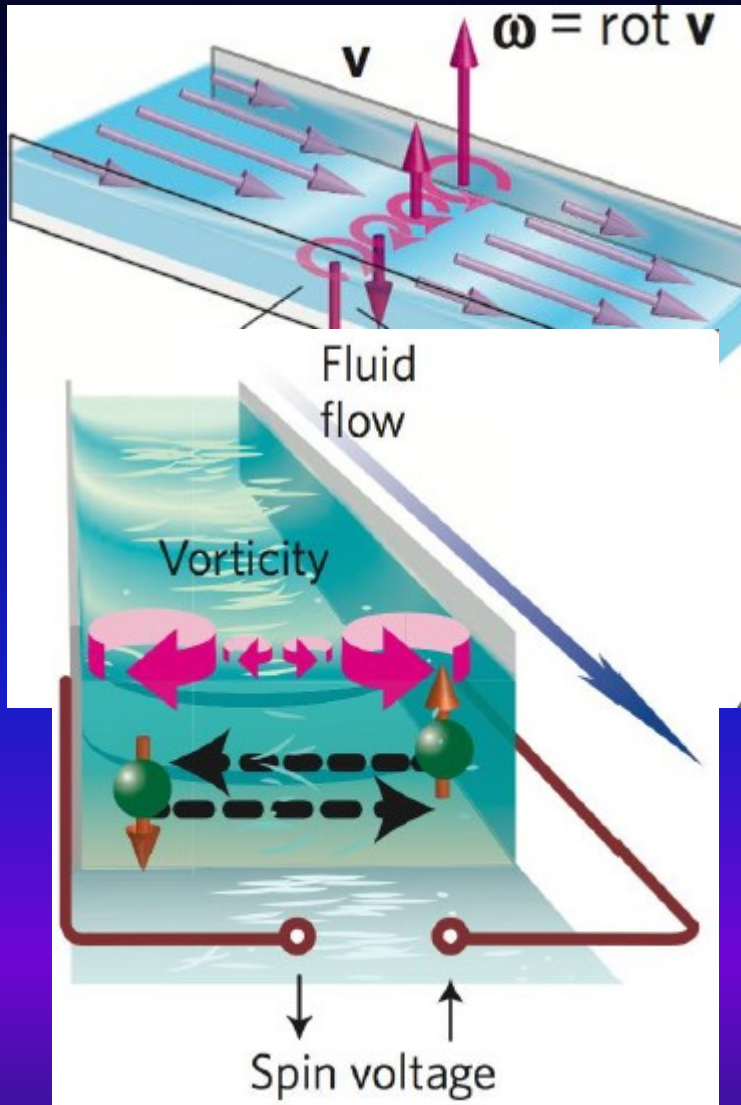
A sikeres kutatás kulcsa a RHC ütközéseinek a változatossága:
(p,d,He,Cu,Au,U)+(p,d,He,Cu,Au,U), $\sqrt{s} = 5 - 500$ GeV

LEGFORRÓBB → LEGFORGÓBB



M. A. Lisa et al, STAR kísérlet, Nature 2018

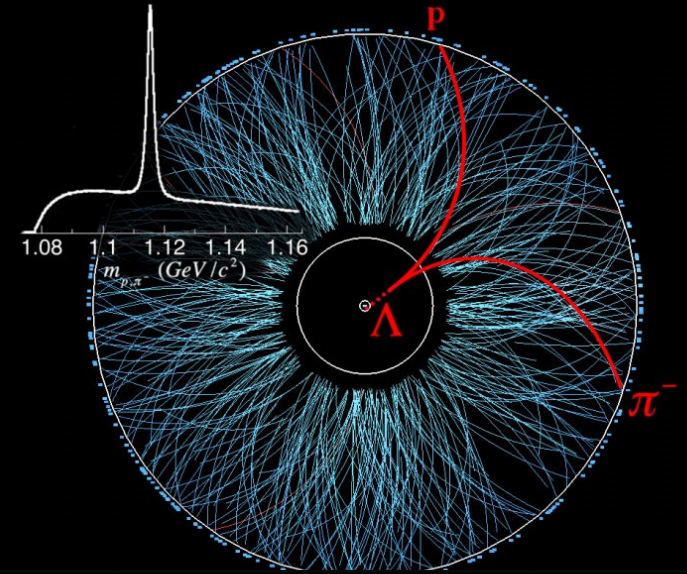
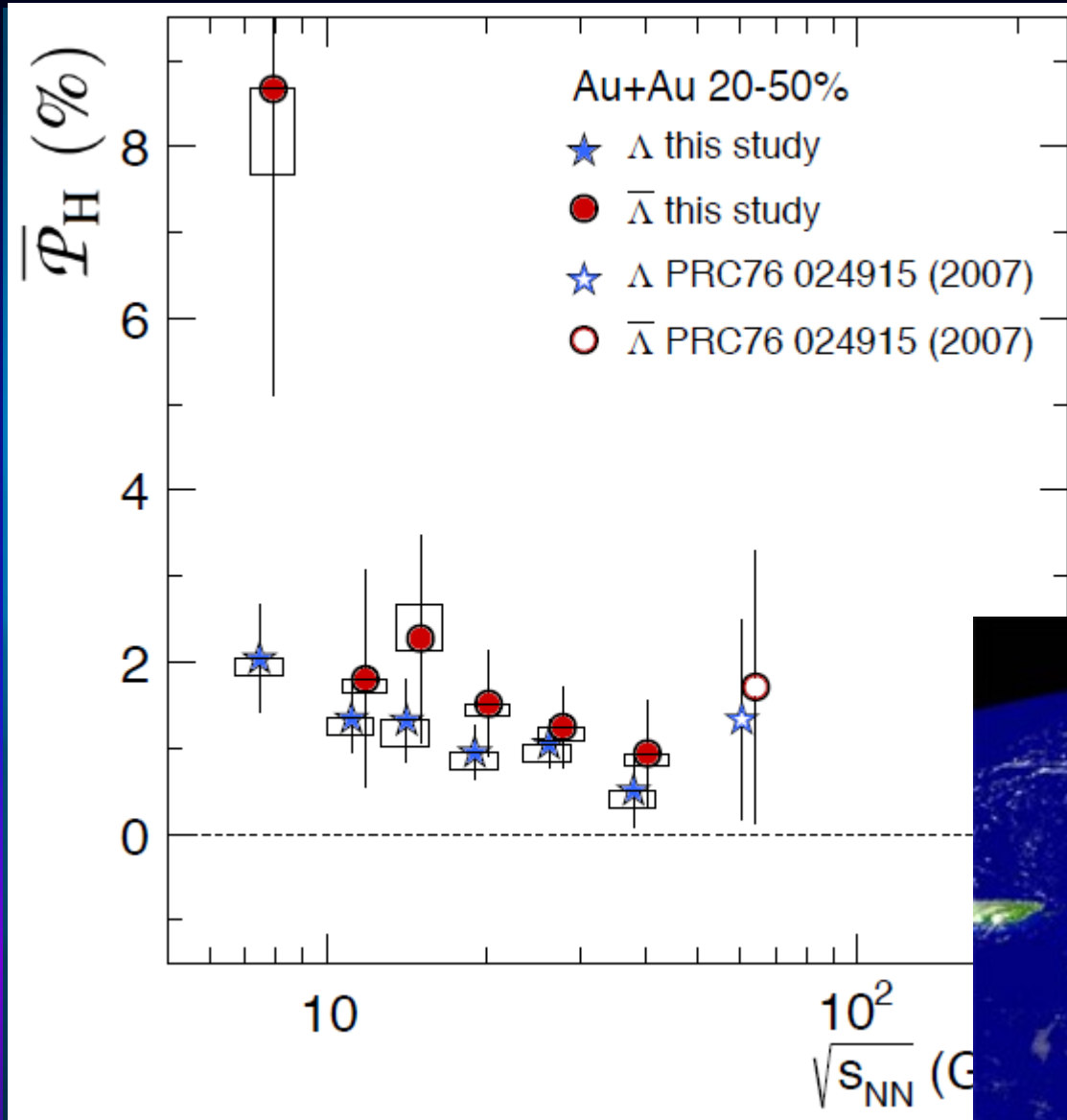
LEGFORRÓBB → LEGFORGÓBB



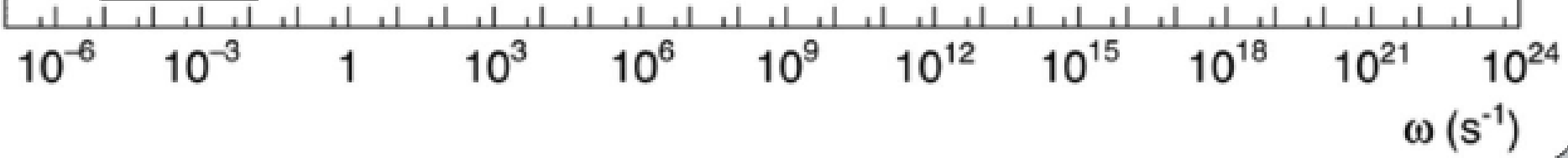
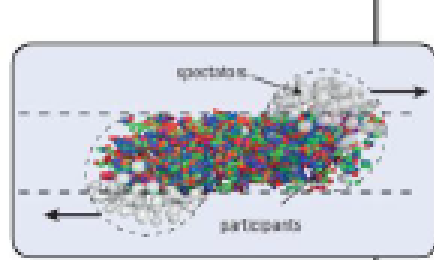
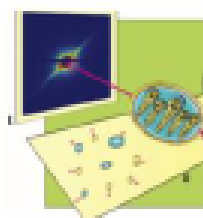
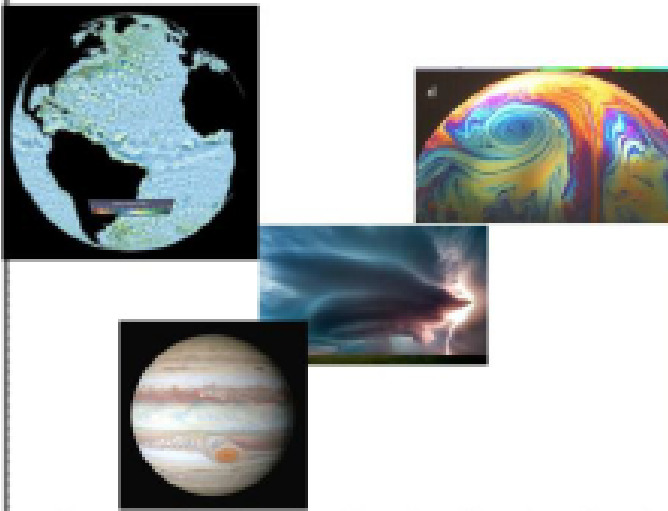
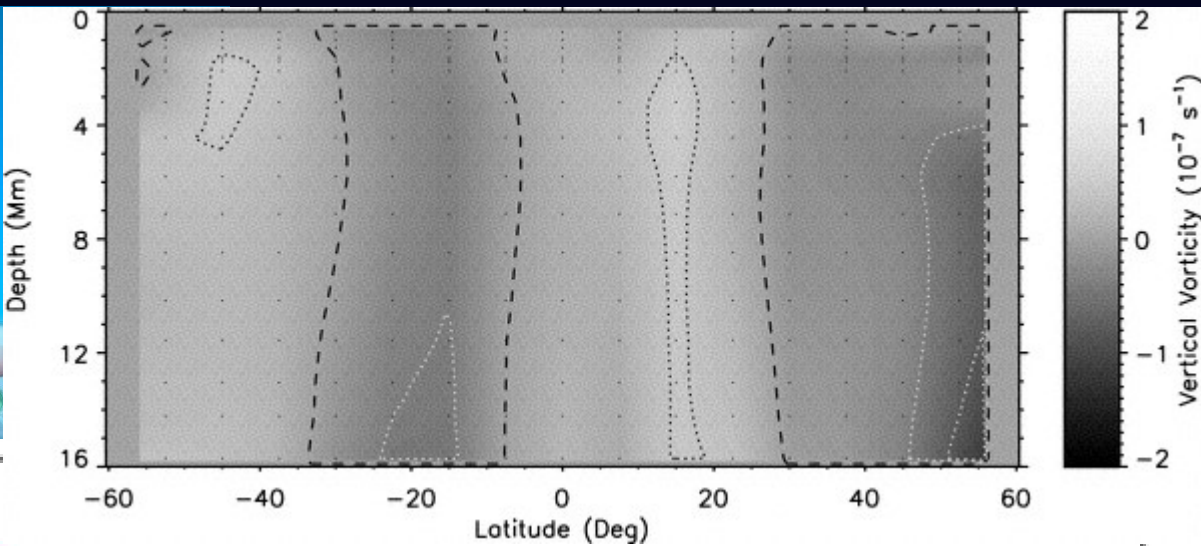
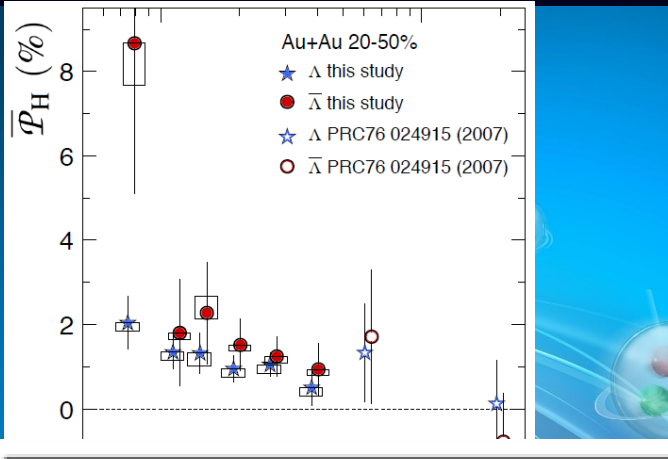
Polarization

$$\vec{P} \equiv \frac{\langle \vec{S} \rangle}{|\vec{S}|}$$

LEGFORRÓBB → LEGFORGÓBB



LEGFORRÓBB → LEGFORGÓBB



A LEGFORGÓBB ANYAG



Amit kísérletileg elő lehet állítani

KVARKFOLYADÉK

Three generations of matter (fermions)

	I	II	III		
mass →	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²	0	? GeV/c ²
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
name →	u up	c charm	t top	γ photon	H Higgs boson
Quarks	4.8 MeV/c ²	104 MeV/c ²	4.2 GeV/c ²	0	
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	d down	s strange	b bottom	g gluon	
Leptons	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z⁰ Z boson	
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	±1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	e electron	μ muon	τ tau	W[±] W boson	
					Gauge bosons

KVARKFOLYADÉK

- JÁTÉKOSAN

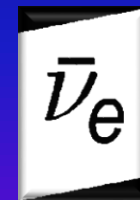
Three generations of matter (fermions)

	I	II	III		
mass →		1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²	0	? GeV/c ²
charge →		2/3	2/3	0	0
spin →		1/2	1/2	1	0
name →	u	c charm	t top	γ photon	H Higgs boson
Quarks	d	s	b bottom	g gluon	
			4.2 GeV/c ²	0	
			-2/3	0	
			1/2	1	
	ν_e	ν_μ	ν_τ tau neutrino	Z⁰ Z boson	
			<15.5 MeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
			0	0	
			1/2	1	
Leptons	e⁻	μ⁻	τ tau	W[±] W boson	
			1.777 GeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
			-1	±1	
			1/2	1	

Gauge bosons

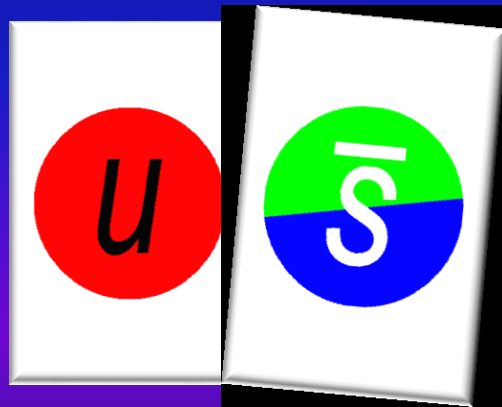
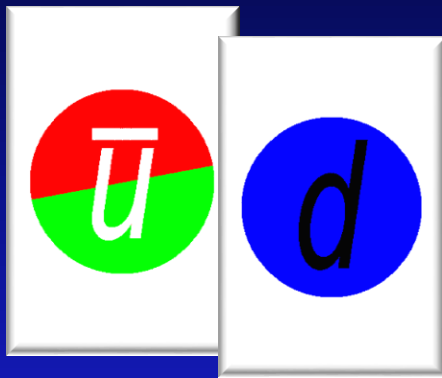


ANTI-RÉSZECSKÉK

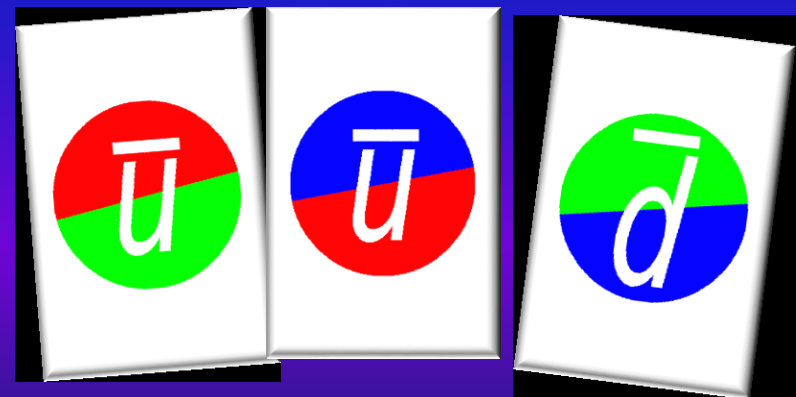
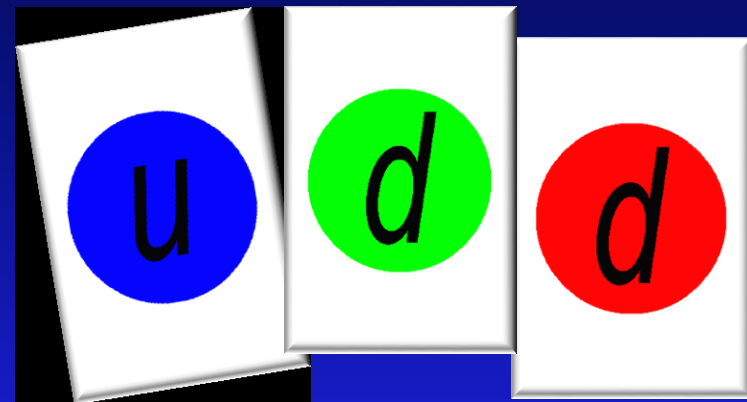


SU(3) SZÍN és OPTIKAI SZÍN

Mezonok



Barionok



MAGYAR ÉS ANGOL NYELVŰ ÖNKIADÁS, LULU.COM

Lulu Author Spotlight

Quark Matter Card Game

QUARK MATTER
CARD GAME

Find Your Own Higgs Boson



More Detail

Quark Matter Card Game - Find Your Own Higgs Boson

By Csaba Török, Judit Csörgő, Tamás Csörgő

eBook (PDF): \$4.32

Download immediately.



Quarks and leptons, such as electrons, muons and neutrinos... Sounds a bit scary, doesn't it? With the help of this booklet, you can get into touch with the incomprehensible world of elementary... [More >](#)

Add to Cart

QUA

FIND Y
THIRD, REV



J. CSÖR

RÉSZECSKÉS KÁRTYAJÁTÉK

ELEMI RÉSZECSKÉK - JÁTÉKOSAN
2. KIADÁS, KÁRTYA MELLÉKLETTEL



CSÖRGŐ JUDIT
TÖRÖK CSABA
CSÖRGŐ TAMÁS



Az első áru volt Brookhaven online boltjában

NEMZETKÖZI VISSZHANG, PÉLDÁK

SUBATOMIC SHUFFLE

Prefer particle physics to poker? Pick up a deck of the Quark Matter Card Game both. Instead of kings and queens, the cards feature quarks (up, down, and strange), and their neutrinos; and antiparticles for all.

Hungarian high school students Csaba Török and Judit Csörgő invented the game with their father, Tamás, a physicist at the KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics in Budapest. The simplest game is "Anti," in which players quickly identify particle combinations, bearing in mind a quantum-mechanical property called "color" of the card. It's an abstract concept, but "even children who cannot read can play," Tamás says. For adult players, he recommends "Quark Matter," which started out as a card game to represent the quark-gluon plasmas physicists cook up at Brookhaven National Laboratory's Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC), where the PHENIX experiment is currently running. The cards accord with the way that quarks and gluons interact, and how they are known to behave. The book is available for download on Amazon (http://www.amazon.com). Now it's a really fun thing to play with. It's a really fun thing to play with in your pocket.



Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC), where the PHENIX experiment is currently running. The cards accord with the way that quarks and gluons interact, and how they are known to behave. The book is available for download on Amazon (http://www.amazon.com). Now it's a really fun thing to play with. It's a really fun thing to play with in your pocket.

2011.01.04.

Quark Matter at RHIC: It's in the Cards

@brookhavenToday
Story Archives

Quark Matter at RHIC: It's in the Cards

Students and RHIC physicist develop quark-gluon plasma card game

By Karen McNulty Walsh | January 4, 2011

Happy New Year! Like the sprays of confetti and streamers exploding in Times Square at midnight on December 31, millions of subatomic particles will soon be streaming from heavy ion collisions at RHIC, Brookhaven Lab's Relativistic Heavy Ion Collider.

Linking subatomic particles with New Year's Eve celebrations may not be so strange: Two years ago, a group of Hungarian secondary school students rang in the New Year while playing with particles, literally. The group, which included Judit Csörgő, daughter of RHIC/PHENIX collaborator Tamás Csörgő, and her friend Csaba Török, were at a New Year's celebration, playing with the first edition of a set of cards invented by Csaba as an entertaining way to learn about subatomic particles and their interactions. The game, more formally developed and tested by the students with mentoring help from Tamás, won an honorable mention in a 2010 Hungarian competition for junior innovators. It is now available for purchase as an e-book, with cards included, on Lulu, currently with Hungarian directions. An English version is in the works.



RHIC/PHENIX collaborator Tamás Csörgő, Csaba Török and Judit Csörgő with their card game at the exhibition in the "Palace of Wonders" after the ceremony of the 19th Hungarian National Contest for Junior Innovators and Scientist (Budapest, Hungary, June 10, 2010).

SAJTÓFIGYELEM, DÍJAK, TESZTEK

CERN Accelerating science

Sign in

CERN Document Server

Search Submit Help Personalize

Home > Multimedia > Weekly Bulletin > News Articles > Playing with particles

Information Discussion (0) Files Linkbacks

Bulletin Issue: 09/2011 & 10/2011, Mon 28 Feb 2011
>> french version

BUL-NA-2011

Also in this Issue:

- The EDIT school trains future experts in detector technologies
- Greening the streets of CERN
- LHC Report: Beams are back in the LHC
- CERN's newest building
- Roger Bailey takes over as head of CAS
- The LHC babies
- A new video studio for CERN
- The LHC at the AAAS
- DESERTEC: energy for the planet
- Playing with particles
- A Brief History of CERN
- News from the Library: A Poet in the Laboratory, meet the Author Beatrice Bressan
- TV programme presentations: Bang Goes the Theory by BBC (2010) and Beyond the Atom with John Ellis by Redes and Science Networks (2010)
- Federal census of the population in Switzerland
- Entitlement to vote in the Canton of Geneva

PLAYING WITH PARTICLES

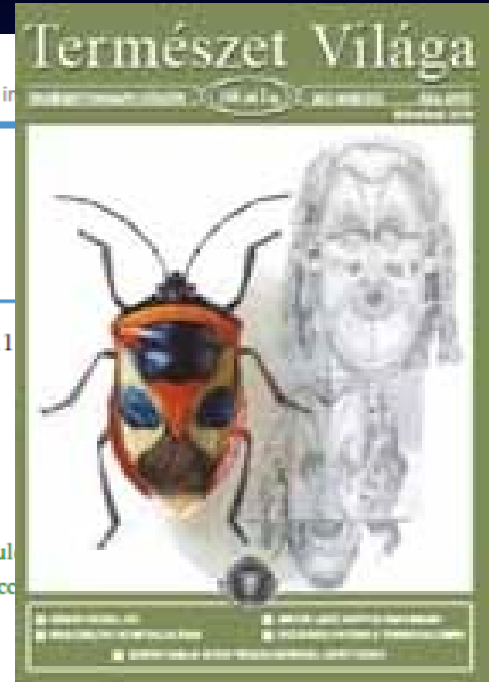
Could the principles of particle physics ever be explained by a game? Could we ever teach the Standard Model the way Monopoly teaches economics? According to the Quark Matter card game, the answer is an easy "yes!".



Csaba Török and Judit Csörgő (second and third from left) at the award ceremony for the Eötvös University Innovation Contest.

Hungary, and they are now both studying science at the ELTE University, Budapest.

When he was only 17 years old, Hungarian student Csaba Török came up with the idea for the Quark Matter cards. "I wanted people to think of the Standard Model as fun – not just a serious, scientific theory," says Csaba. "The cards can turn everyone into a pseudo-physicist." He shared the idea with his friend Judit Csörgő and her physicist father, Tamás Csörgő, and together they went on to develop Quark Matter into the game it is today. Csaba and Judit were both members of the Science Club that Tamás re-organized and mentors at the Berze Secondary School in Gyöngyös,



RÉSZECSKÉS (KÁRTYA)JÁTÉKOK

2011: Négy alapjáték

1. ANTI
2. Kozmikus záporok
3. Detektáljunk!
4. **Kvarkanyag**

2012: Zimányi Nehézionfizikai Téli Iskola, Budapest

5. Kvarkanyag Memória: <http://arxiv.org/abs/arXiv:1303.2798>
6. [Hogyan csinálhatunk](http://arxiv.org/abs/arXiv:1303.2732) kártyajátékból Higgs bozont?
<http://arxiv.org/abs/arXiv:1303.2732>

→ Quark Matter Card Game, 3rd English Edition, 2013 május

7. Lang Ágota: Természet Világa 2013 márciusi szám, 121. o.

→ **Kvarkok Háborúja: Novák Tamás (KRF, Kutatók éjszakája'14)**

2013: BerzeTÖK tábor, Visznek

8. Csernai L, Csörgő T, Vargyas M: **Részecskés Póker** (Brgen, 2012),
9. Novák T, Csörgő T: **Részecskés Snapszer**: 2013 nyarán, Visznek
10. **RÉSZECSKÉS MAHJONGG** – 2013 nyarán, Mártély, TÖK tábor

2014: WPCF 2014 konferencia, KRF, Gyöngyös

11. **Kvarkfolyadék Rubik Kocka** – Gyöngyös, Károly Róbert Főiskola
Xth Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy

12. CERN @ Wigner, 2014/09: Részecskés Lecsapós (Sveiczter Andris)

2015: Kvarkos Rubik kocka: BNL (USA) KEK (Japán) KRF és Wigner (Hu)

KVARKFOLYADÉK A RUBIK KOCKÁN

Alapötlet (CsT, 2014):
Részecskés Kártyajáték
3 szín és 3 anti-szín
Illik a Rubikkockára
(csak kvarkok és anti-kvarkok)

Megvalósítás (CsT+Rubik Co., '14):
100 szponzorált példány
a WPCF 2014 résztvevőinek
Wpcf2014.karolyrobert.hu

Angol leírás (CsT, 2015 június):
2015 AGS and RHIC Users Meeting
BNL, USA és KEK, Japán

Nyilvános bemutatás (2015/09):
2015 CERN @ Wigner Nyílt Napok
Budapest

Bernáth B: 1'10" + vakon rakom!



ÉVFORDULÓK



Rubik Studio - May 2015



2014:

Rubik, Ernő: 70 éves

CERN: 60 éves

Rubik kocka: 40 éves

Kvarkfolyadék: 10 éves

2015:

AGS and RHIC Users Meeting

BNL, Upton, USA:

10 éves a kvarkfolyadék

KRF, Gyöngyös:

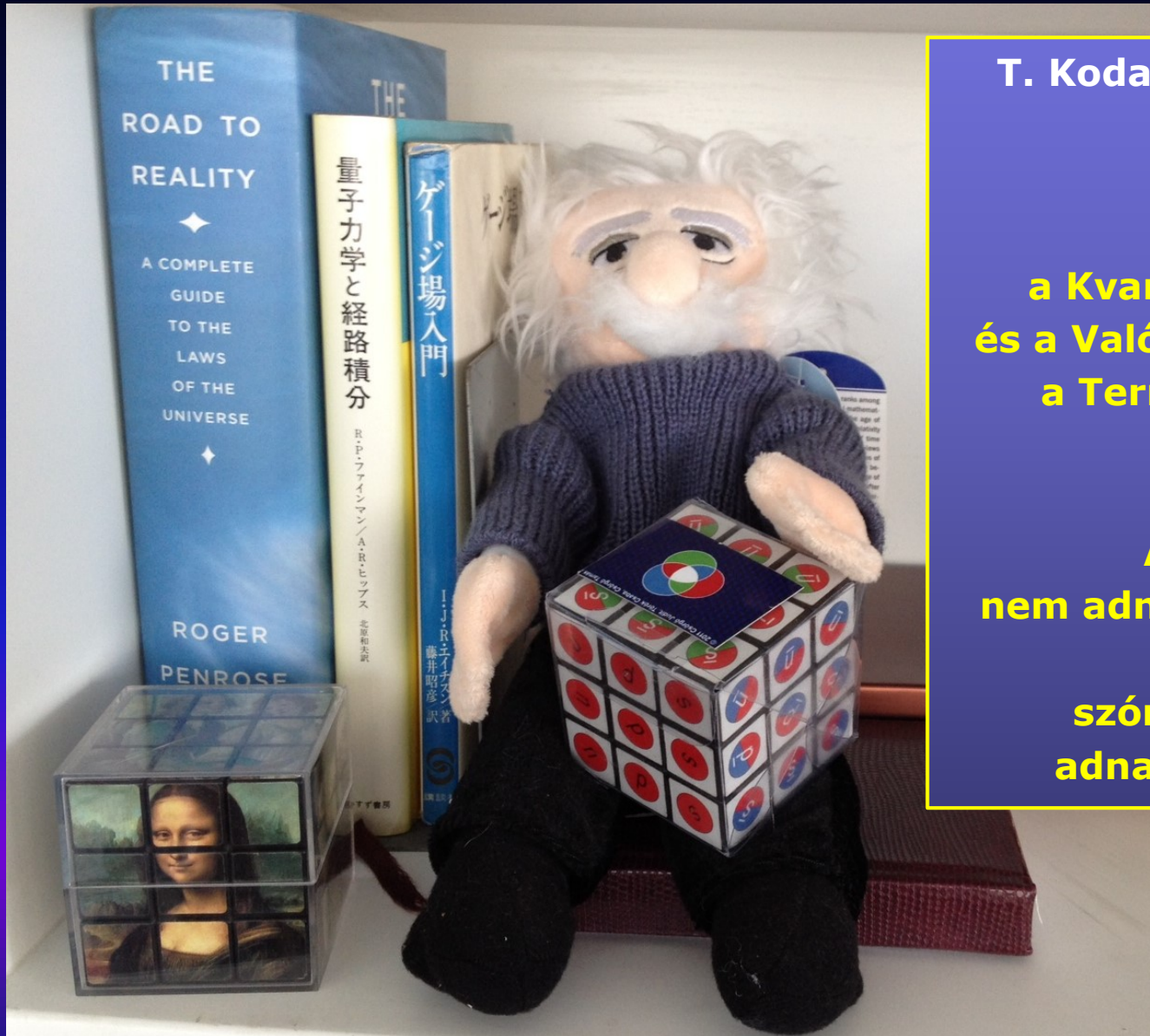
10 éves a Kutatók Éjszakája

10 éves...

2015. 09. 25.
Minden program ingyenes!

...A KUTATÓK ÉJSZAKÁJA

KVARKFOLYADÉK – MOSOLYGÓSAN



T. Kodama prof. (Rió, Brazil)
összekapcsolta
Albert Einsteint,
Mona Lisa mosolyát,
a Kvarkfolyadékos Kockát,
és a Valósághoz Vezető Utat:
a Természet törvényeinek
teljességét.

A részecskés játékok
nem adnak ilyen teljes képet
de hasonlóan jó,
szórakoztató bevezetést
adnak a modern fizikába.

KVARKFOLYADÉK – KÉZZEL FOGHATÓAN



G.Zweig: kvarkok - ászok
kvarkok és a kártyajáték
kvarkok és a kockajáték
egyszerre mindkettő?
egyszerre egyik sem?

ÖSSZEFOGLALÁS

**A Nagy Bumm és
a Kis Bummok kapcsolatai**

**Tökéletes és
a legforróbb
és a legforgóbb
emberi anyag:
Ez a kvarkanyag.**

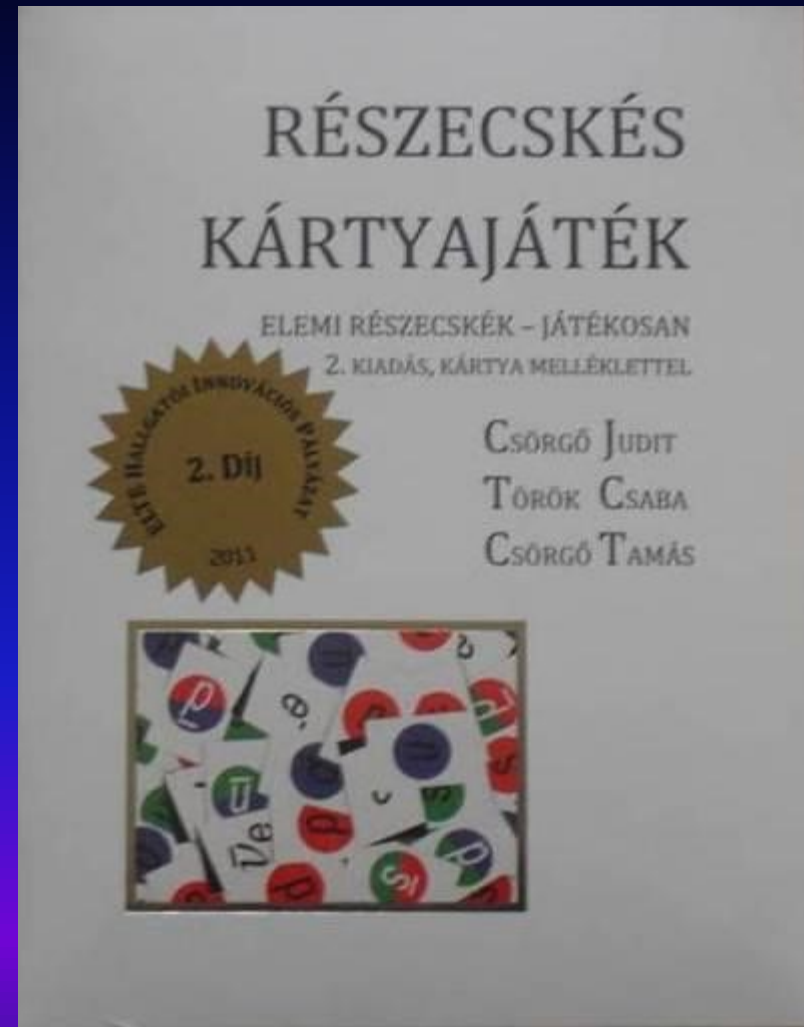
Magyar TÖK Mozgalom:

Természettudományos Önképzőkörök

**Az önállóan gondolkodni tudó,
kiművelt emberfők neveléséért**

Motiváció: Részecskés Kártyajáték

sikerei



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

KÉRDÉSEK ?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!