

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

A finomszerkezeti állandó Állandó?

Sveiczér András

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Modern fizikai kísérletek szeminárium, 2017

Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - Jelentősége
- 2 Tényleg állandó?
 - Elmélet
 - Mérések
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - Jelentősége
- 2 Tényleg állandó?
 - Elmélet
 - Mérések
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

- 1916-ban vezette be Arnold Sommerfeld, mint a legalacsonyabb energiájú Bohr-pálya elektronjának sebességének, és a fénysebességnek a hányadosa (α).

$$v = \alpha c = \sqrt{\frac{2 \cdot 13,6057 \text{ eV}}{510\,999 \text{ eV}}} \cdot c = 0,007297354 c$$

- Ismertebb a reciprokának az értéke:

$$\alpha^{-1} = 137,0360$$

Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - **Jelentősége**
- 2 Tényleg állandó?
 - Elmélet
 - Mérések
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

Tulajdonságai és mérése

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- Alapvető állandója az univerzumnak, semmilyen elméletből nem következik az értéke, hanem paramétere azoknak.
- Legismertebb felírása:

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c}$$

- Jelenlegi legpontosabb értéke (Rubídiumatom visszalökődéséből, 2010)^[2]:

$$\alpha^{-1} = 137,035\,999\,037\,(91)$$

Megjelenik például

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- Megjelenik mint paraméter a különböző nívók nagyságában a spin-pálya kölcsönhatás miatt.

$$E_{n,j} = -\frac{R_\infty}{1 + \frac{m_e}{M}} \frac{Z^{*2}}{n^2} \left[1 + \frac{\alpha^2 Z^{*2}}{n} \left(\frac{1}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right) \right]$$

- Megjelenik a Standard Modellben mint paraméter.
- Meghatározza a legnagyobb rendszámú elemet, mely körül elektron keringhet a Bohr-modell alapján ($Z = 137$).

⋮

Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - Jelentősége
- 2 Tényleg állandó?
 - **Elmélet**
 - Mérések
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

Dimenziótlan állandó

A finomszerkezet
állandó

Sveicz
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- A finomszerkezet állandó egy dimenziótlan állandó, így minden egységrendszerben ugyanannyi az értéke.
- Semmilyen elmélet se rögzíti az értékét.
- Talán valójában egy skalármező, így tér és idő függő is lehet.

Mi lenne más?

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- A részecske- és magfizikai folyamatok valószínűsége változna a legerőteljesebben.
- Ha 4%-kal nagyobb lenne az értéke, akkor például nem alakulna ki szén a csillagokban magfúzióval.
- Az elektromágneses kölcsönhatás „erőssége” függ tőle, így minden kötés energiája megváltozna.
- Az atommagok energiaszintjei is eltolódnának.

Egy kis Ált. Rel.

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természeti
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- Egy 2016-os cikk felvetése alapján az univerzum tágulása miatt elkerülhetetlenül változik a finomszerkezeti állandó^[3].

$$\delta\alpha = -\frac{(1 - \alpha^2)^{3/2} H^3}{32\pi^2 Gm} \delta t$$

- Ez egy mérhető effektus kéne hogy legyen, mert $\dot{\alpha}/\alpha = -1,7 \cdot 10^{-18}$ 1/s a jóslata.
- Mint később látjuk 7 nagyságrenddel kisebb változást már érzékelnénk a többi méréssel.
- Mégse látjuk, aminek (a cikk szerint) az oka az, hogy minden energiszint egyszerre változik, így a referencia energiaszintek is, így nehéz az effektust észlelni.

Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - Jelentősége
- 2 Tényleg állandó?
 - Elmélet
 - **Mérések**
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

Az elmúlt évtizedekben sok mérést végeztek.

- A döntő többségük hibaterjedelmében a zérus megváltozása az α -nak is megtalálható.
- Kivételt jelent egy mérés, mely 6σ bizonyossággal egy nem-zérus eredményt kapott, ám úgy tűnik súlyos hibákat vétettek a számítások során.
- Ugyanezzel a méréssel más kutatócsoportok ugyanúgy zérus változást kaptak.

- Oklói természetes reaktor^[4]
- Atomórák vizsgálatával^[5]
 - Két különböző elemmel működő atomórát működtettek egyszerre.
 - Ha változott volna közben az α , akkor a két atomóra aszinkronba került volna egy idő után, mert más mértékben változott volna a pontatlanságuk.
 - $\dot{\alpha}/\alpha < 5 \cdot 10^{-17}$ 1/év jelenbeli változás
- Kozmológiai mérések^[6]
 - Messzi kvazárokat vizsgáltak
 - Csillagközi felhőkön áthaladnak a fotonok
 - Megjelenik a felhők abszorpciós spektruma
 - Ha más az α azt látnunk kell
 - Az α „nőtt” az északi éggömbön és „csökkent” a déli éggömbön.

Kvazárok eredménye

A finomszerkezeti állandó

Sveiczér András

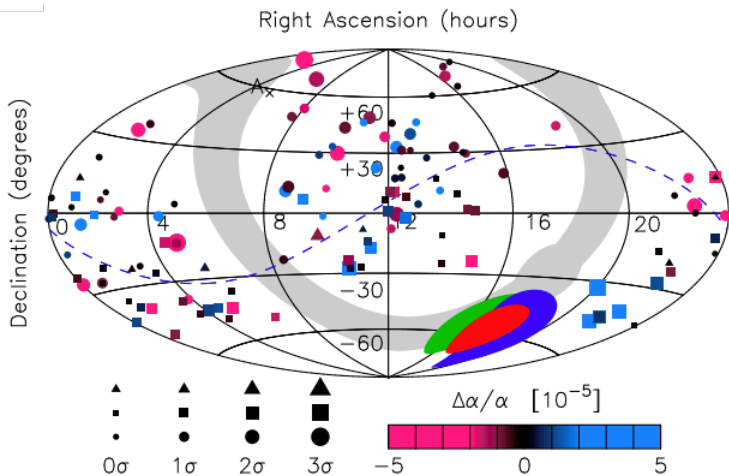
Az α

Története
Jelentősége

Tényleg állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói természetes reaktor

Konklúzió
Eredmények



Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - Jelentősége
- 2 Tényleg állandó?
 - Elmélet
 - Mérések
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

Áttekintő

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczter
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- Kb 1,8 milliárd évvel ezelőtt működött
- Az urán 3,7%-a volt 235-ös
- Talajvízzel moderált reaktor ki tudott alakulni
- Különböző becslésekkel igen jól szimulálható
- Sokan feldolgozták az adatokat
 - Más-más becsléseket használtak
 - A már említett 6σ -s mérés nagyon sok hibát vétett (reaktor kora, 235-ös izotóp aránya, Maxwell eloszlás a neutronokra...)

Izotóparányok

A finomszerkezeti állandó

Sveiczér András

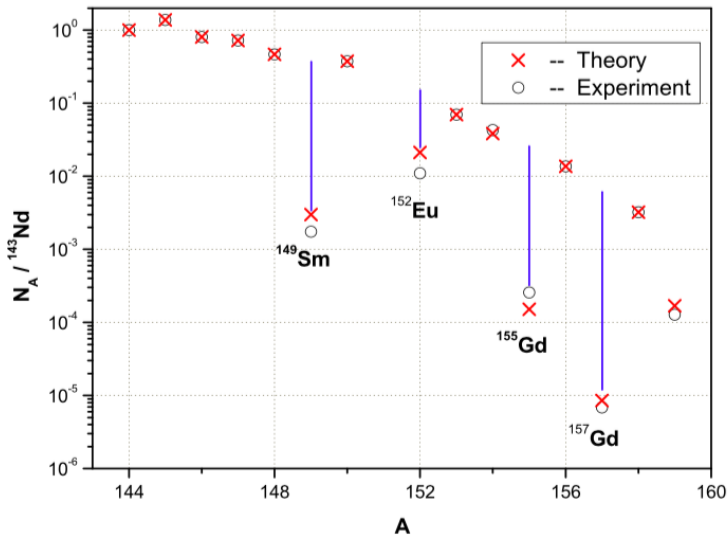
Az α

Története
Jelentősége

Tényleg állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói természetes reaktor

Konklúzió
Eredmények



Rezonanciák

A finomszerkezeti állandó

Sveicz András

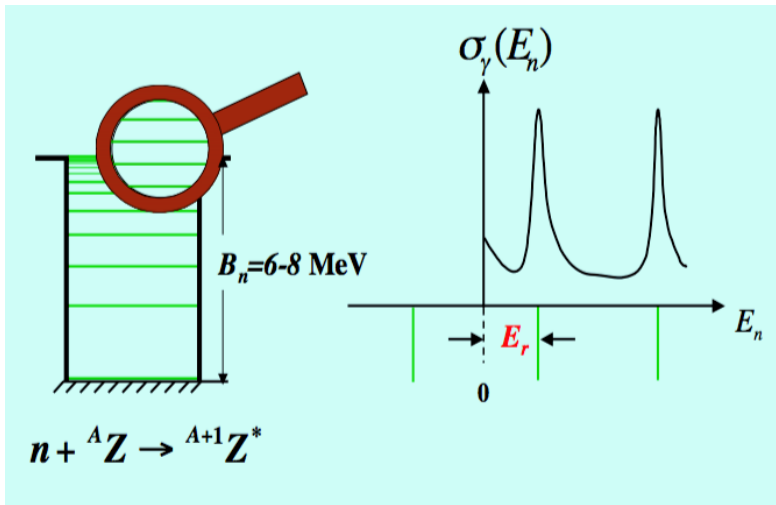
Az α

Története
Jelentősége

Tényleg állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói természetes reaktor

Konklúzió
Eredmények



$$\Delta E_r$$

A finomszerkezeti állandó

Sveiczér András

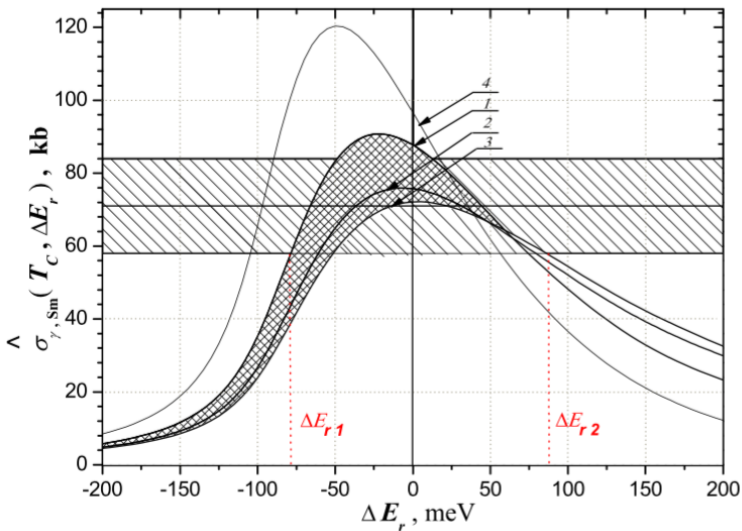
Az α

Története
Jelentősége

Tényleg állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói természetes reaktor

Konklúzió
Eredmények



Outline

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?
Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

- 1 Az α
 - Története
 - Jelentősége
- 2 Tényleg állandó?
 - Elmélet
 - Mérések
 - Oklói természetes reaktor
- 3 Konklúzió
 - Eredmények

Eredmények

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Óklői
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények

	Lab	Authors, year	$\Delta E_r, \overline{\delta\alpha}/\alpha, \dot{\delta\alpha}/\alpha$	Comments core, spectrum, T_C
1	LNPI, Gatchina Russia	A.Shlyakhter, 1976 [8]	$\Delta E_r \leq 20$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 0.5 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ2, Maxwell, 300 K
2	LNPI, Gatchina, Russia	Yu. Petrov, 1977 [10]	$\Delta E_r \leq 50$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 2.5 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ2, Maxwell, 300K
3	Princeton, USA	T.Damour and F.Dyson, 1996 [11, 12]	$\Delta E_r \leq 90$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 5.0 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ2, Maxwell, (450-1000)K
4	Univ.Tokio, Tokyo, Japan	Ya.Fujii et al., 2000 [13]	$\Delta E_r \leq 20$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 1.0 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ10, Maxwell, (470-670)K
5	LANL, Los Alamos, USA	S.Lamoreaux and J.Torgerson, 2004 [66]	$\Delta E_r \leq -45_{-15}^{+7}$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq -3.8 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ10, Maxwell+Fermi, 600 K
		This paper, Fig. 13	$\Delta E_r \leq 4$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 0.2 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ10, Reactor spectrum for LT core, 600 K
6	PNPI, Gatchina, Russia	This paper	$\Delta E_r \leq 62$ meV $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 3.1 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	RZ2, Reactor spectrum for fresh core, 725 \pm 55 K

Cosmophysical and laboratory data

7	IUCAA, Pune, India	H.Chand, R.Srianand et al., 2004 [67, 68]	$\delta\alpha/\alpha \leq (-60 \pm 60) \cdot 10^{-8}$ $\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq 12 \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	Cosmophysical multidouplet method
8	Observ. de Paris, France	S.Bize et al. 2004 [70]	$\dot{\delta\alpha}/\alpha \leq (-5 \pm 53) \cdot 10^{-17}$ year $^{-1}$	Method of Atomic Fountains

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveicz
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió

Eredmények

Köszönöm a figyelmet!

Hivatkozások I

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczter
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények



Wikipedia

Fine-structure constant

[https:](https://en.wikipedia.org/wiki/Fine-structure_constant)

[//en.wikipedia.org/wiki/Fine-structure_constant](https://en.wikipedia.org/wiki/Fine-structure_constant)



Bouchendira, Rym; Cladé, Pierre; Guellati-Khélifa, Saïda;
Nez, François; Biraben, François (2010).

New determination of the fine-structure constant and test
of the quantum electrodynamics.

<https://arxiv.org/abs/1012.3627>



Anton A. Lipovka, Ivan A. Cardenas

Variation of the fine structure constant

<https://arxiv.org/abs/1608.04593>

Hivatkozások II

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α
Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények



Yu.V.Petrov, A.I. Nazarov, M.S. Onegin, V.Yu. Petrov,
E.G. Sakhnovsky

Natural Nuclear Reactor Oklo and Variation of
Fundamental Constants Part 1: Computation of
Neutronics of Fresh Core

<https://arxiv.org/abs/hep-ph/0506186>



Science, 2008

Frequency Ratio of Al⁺ and Hg⁺ Single-Ion Optical
Clocks; Metrology at the 17th Decimal Place

[http:](http://science.sciencemag.org/content/319/5871/1808/)

[//science.sciencemag.org/content/319/5871/1808/](http://science.sciencemag.org/content/319/5871/1808/)

A finomszer-
kezeti
állandó

Sveiczér
András

Az α

Története
Jelentősége

Tényleg
állandó?

Elmélet
Mérések
Oklói
természetes
reaktor

Konklúzió
Eredmények



J. K. Webb, J. A. King, M. T. Murphy, V. V. Flambaum,
R. F. Carswell, M. B. Bainbridge

Indications of a spatial variation of the fine structure
constant

<https://arxiv.org/abs/1008.3907>