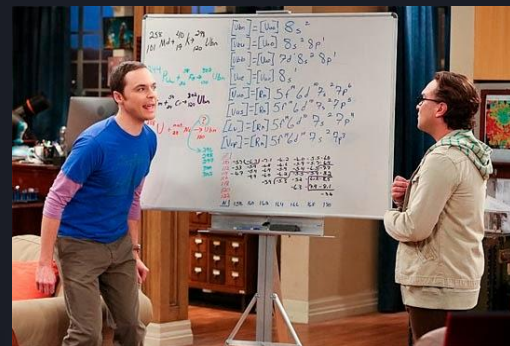


# Szupernehéz elemek

Körtefái Dóra  
Magfizika szeminárium



# Áttekintés

- ❖ Rövid magfizikai alapozás
- ❖ Szupernehéz elemek előállítás
  - ❖ Példák, tulajdonságok
  - ❖ Szupernehéz kémia

Mengyelejev  
(1869)

I H 1.01	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
Li 6.94	Be 9.01	B 10.8	C 12.0	N 14.0	O 16.0	F 19.0			
Na 23.0	Mg 24.3	Al 27.0	Si 28.1	P 31.0	S 32.1	Cl 35.5			
K 39.1	Ca 40.1		Ti 47.9	V 50.9	Cr 52.0	Mn 54.9	Fe 55.9	Co 58.9	Ni 58.7
Rb 85.5	Sr 87.6	Y 88.9	Zr 91.2	Nb 92.9	Mo 95.9		Ru 101	Rh 103	Pd 106
Ag 108	Cd 112	In 115	Sn 119	Sb 122	Te 128	I 127			
Ce 133	Ba 137	La 139		Ta 181	W 184		Os 194	Ir 192	Pt 195
Au 197	Hg 201		Ti 204	Pb 207	Bi 209				
			Th 232		U 238				

# A periódusos rendszer

## AZ ELEMEK PERIÓDUSOS RENDSZERE A FIZIKAI JELLEMZŐK CSOPORTOSÍTÁSÁVAL

Az IUPAC (Nemzetközi Elemi és Alkémiai Szövetség) által 2016-ban jóváhagyott 4. kiadás!

**KRISZTÁLYSZERKEZET**

- hóko
- rombos
- gyémánt típusú rács
- hatszögű vagy hegyesszögű
- hegyesszögű rács
- trigonalis hegyesszögű
- monoklin
- négyzetes vagy téglalapú
- csőhálózat

**Állapotok**

- Fémek
- Átmeneti-fémek
- F elemek
- Félfémek
- Nemfémes
- Nemesgázok

H																	He			
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne			
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar			
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Fr	Ra	Ac	(104)	(105)	(106)	(107)	(108)	(109)	(110)	(111)	(112)	(113)	(114)	(115)	(116)	(117)	(118)			
			(119)	(120)	(121)	(154)	(155)	(156)	(157)	(158)	(159)	(160)	(161)	(162)	(163)	(164)	(165)	(166)	(167)	(168)
Lanthanides		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
Actinides		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					
Super-actinides		(122)	(123)	(124)											(153)					

A ma elfogadott atomok

További elképzelések

# Alapfogalmak

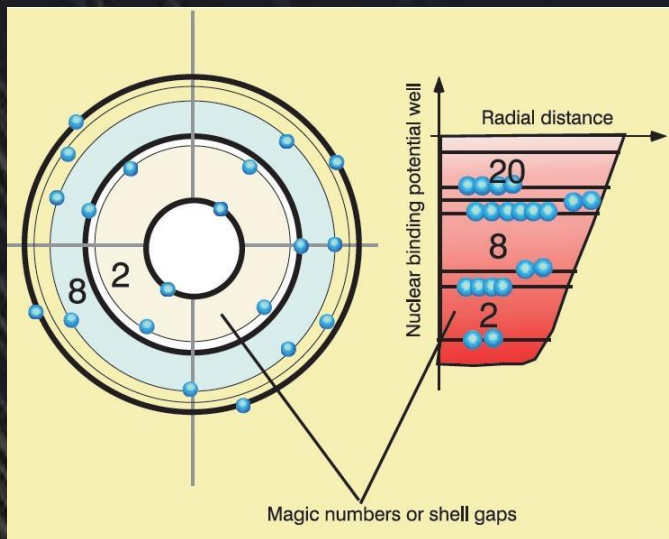
- ❖ Elem létezése:  $10^{-14} \text{ s} < \tau$
- ❖ Rezonancia:  $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau}$
- ❖ Kötési energia:  $(Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_{mag}) \cdot c^2$
- ❖ Félempirikus kötési formula:

$$E_B = c_1 \cdot A - c_2 \cdot A^2 - c_3 \frac{Z^2}{A^{1/3}} - c_4 \frac{(N - 2Z)^2}{A} - c_5 \frac{\delta}{A^{1/2}}$$

→

$$Z^* \simeq \frac{A}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{c_3}{c_4} A^{2/3}}$$

# Héjmodell, mágikus számok



Magic numbers or shell gaps

További kölcsönhatásokat kell figyelembe venni: spin-pálya kölcsönhatás

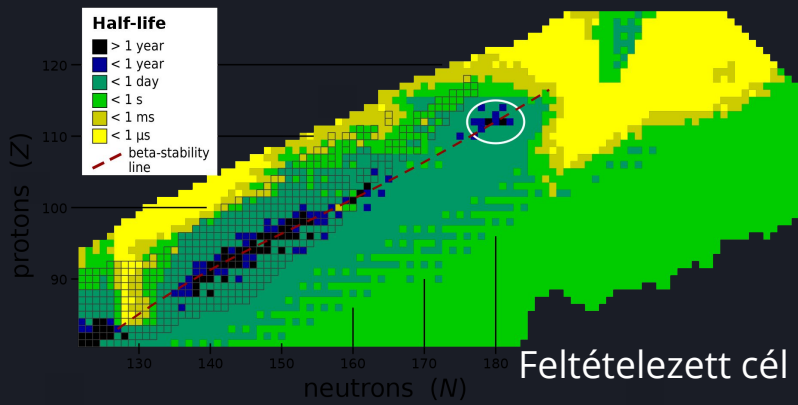
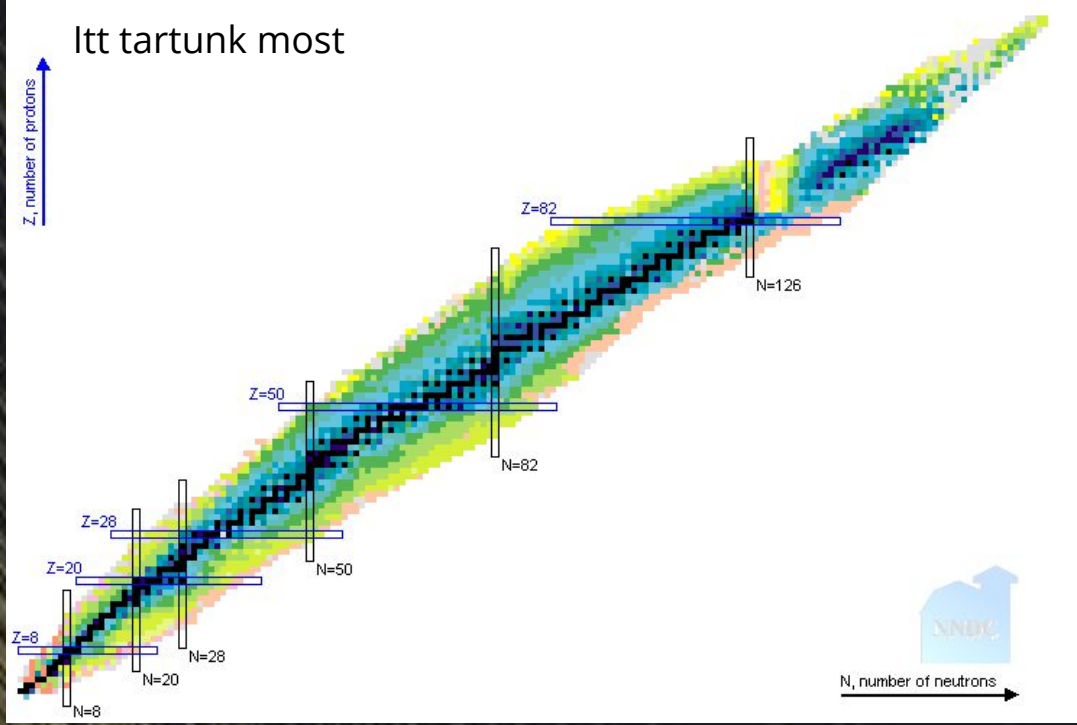
Harmonikus potenciál:  $E_N = (N + 3/2)\hbar\omega$

Mágikus számok: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126..?

$N=2n+l-2$	$n$	$l$	$E_N(\hbar\omega)$	nukleon	nukleon összesen	mágikus szám
0	1	0	3/2	2	2	2
1	1	1	5/2	6	8	8
2	1	2	7/2	12	20	20
	2	0				
3	1	3	9/2	20	40	50
	2	1				

# Izotóptérkép

Itt tartunk most



# Szupernehéz elemek a természetben?



Radioaktív sérülések

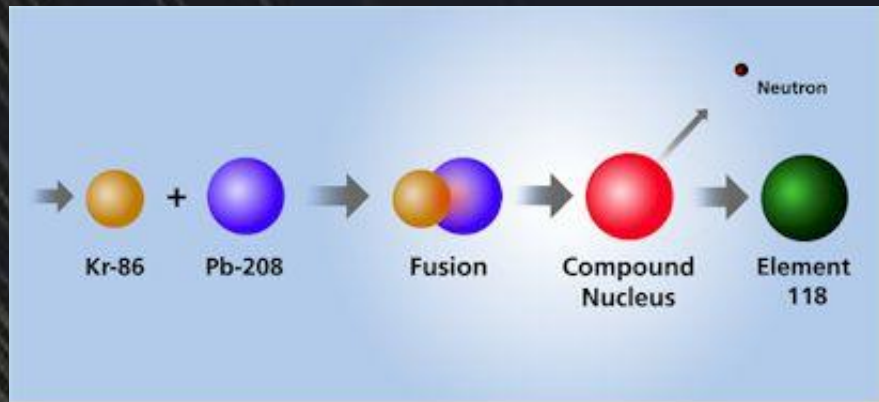
Tórium minta



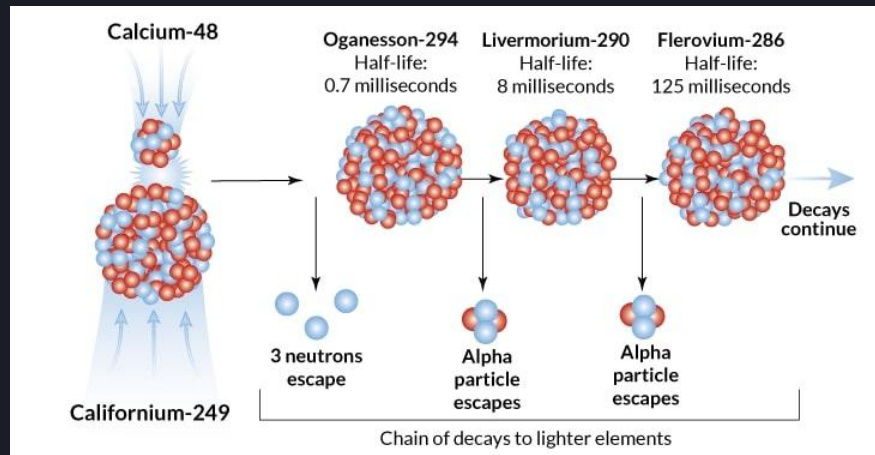
Przybylski's Csillag

# Szupernehéz elemek előállítása

Hideg fúzió



Forró fúzió



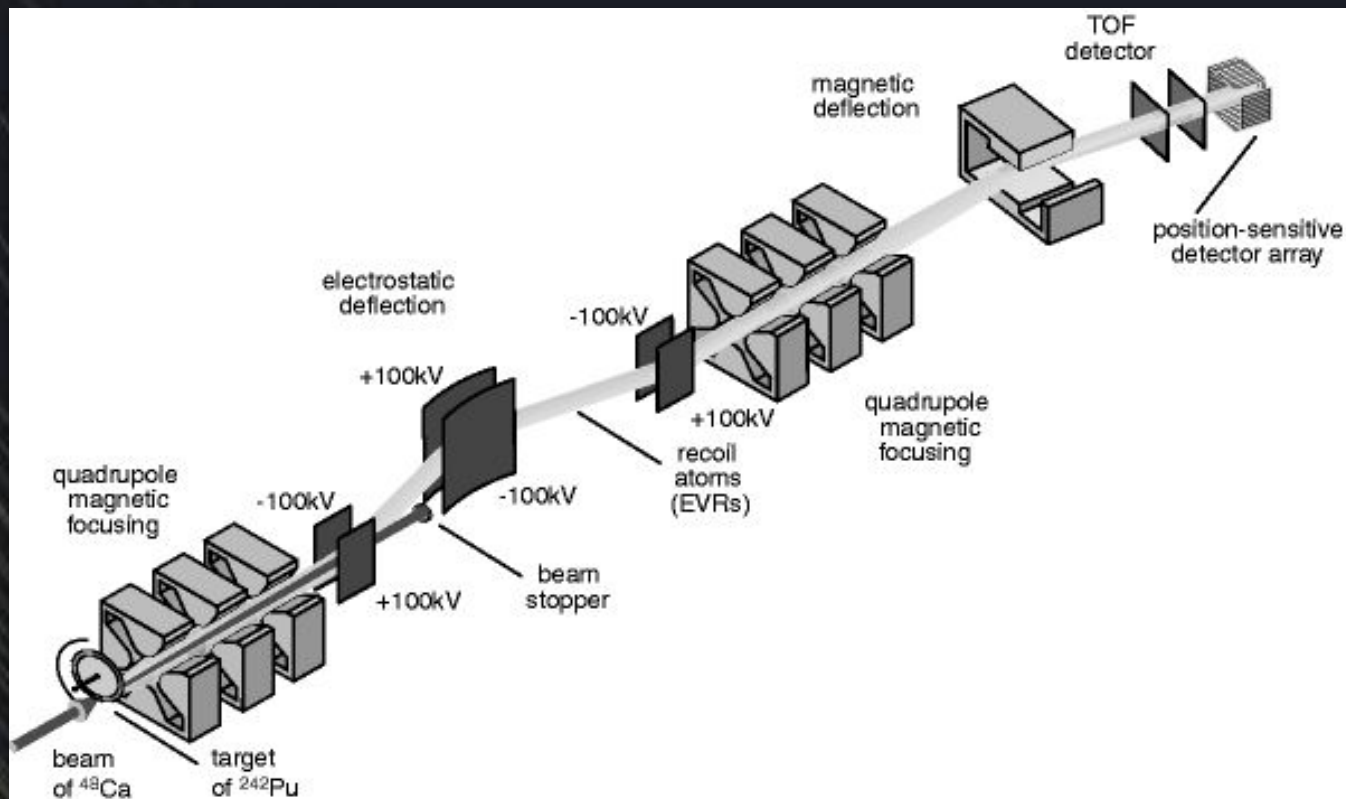
Dubna (Oroszország), RIKEN (Japán), GSI (Németország), GANIL (Franciaország)



# Technikai nehézségek

- ❖ Nagy rendszám  $\longrightarrow$  nagy Coulomb-gát  $\longrightarrow \sigma = 1pb$ 
  - eltérülés
- ❖ Nagy intenzitású nyaláb  $\longrightarrow$  forgó céltárgy
- ❖ Gerjesztett mag  $\longrightarrow$  kis energián lőjük össze

# Megvalósítás (Dubna)

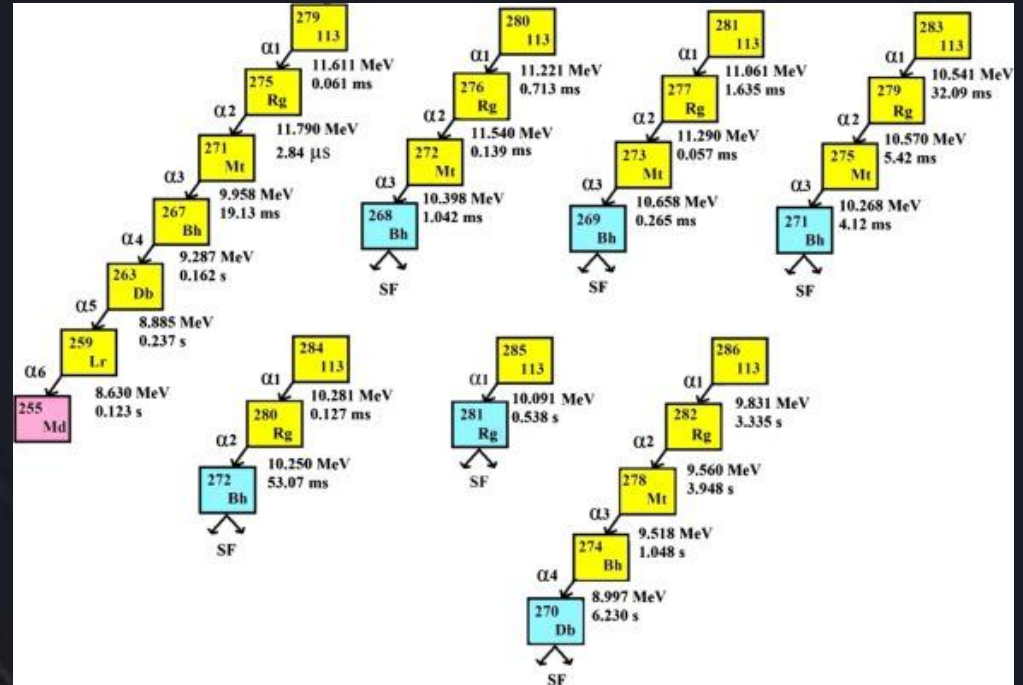


# Azonosítás

Átlagtöltés, repülési idő és  $B\rho$  méréseivel:

$$B\rho = \frac{mv}{q}$$

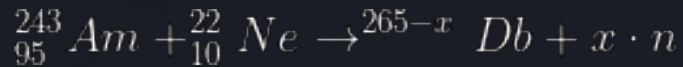
$$q \simeq v \cdot Z^\alpha$$



104: Rutherfordium 2,8,18,  
32,32,  
10,2



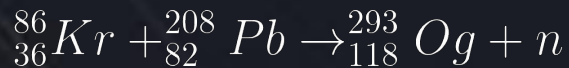
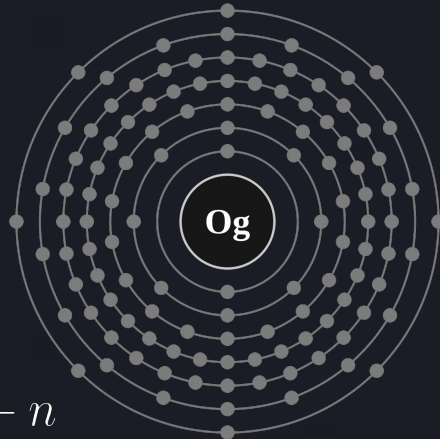
105: Dubnium 2,8,18,  
32,32,  
11,2



113: Nihonium 2,8,18,32,32,18,3

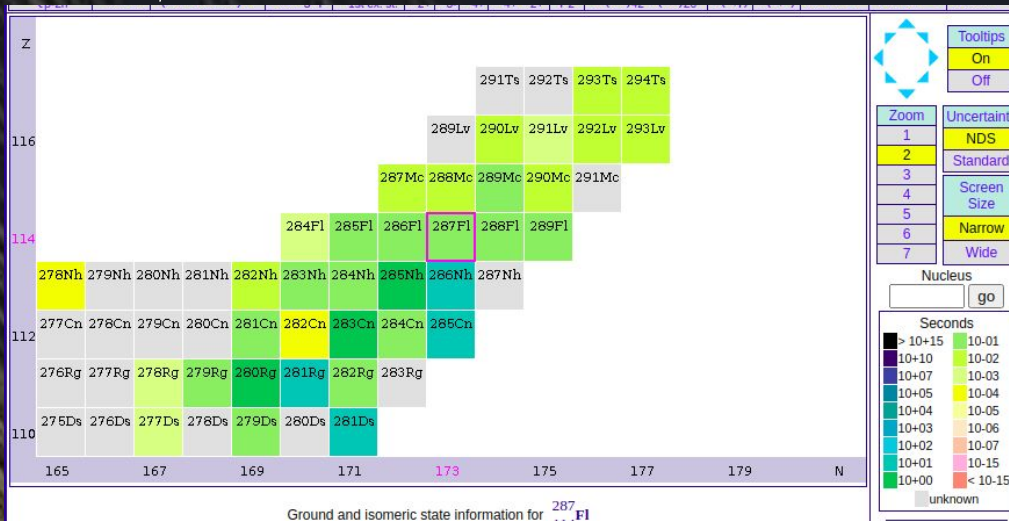


118: Oganesson 2,8,18,32,32,18,8



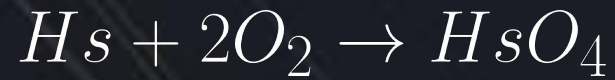
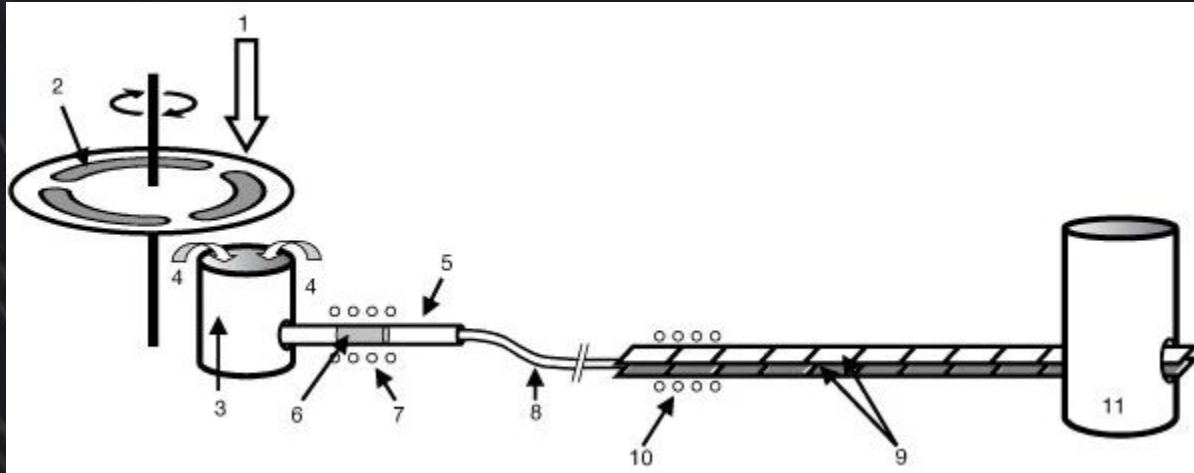
# Tulajdonságok

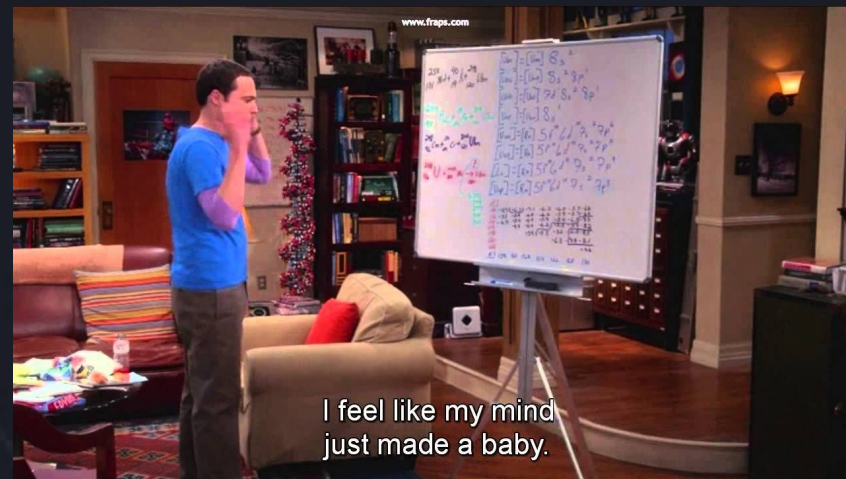
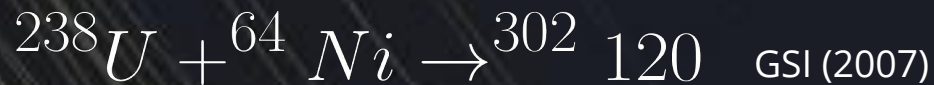
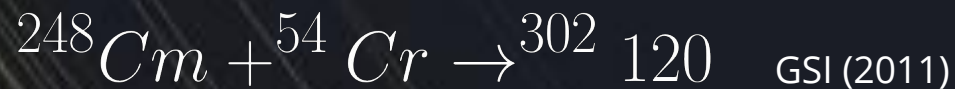
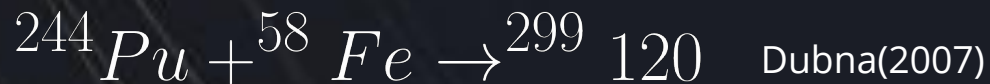
- ❖ Néhány darab előállított mag
- ❖  $\alpha$ -bomlók
- ❖  $T_{1/2} = \ln 2 \cdot \tau$



Element $\blacktriangleleft$	Atomic number $\blacktriangleleft$	Most stable isotope $\blacktriangleleft$	Half-life <sup>[d]</sup>	
			Publications $\blacktriangleleft$ <small>[34][35]</small>	NUBASE 2016 $\blacktriangleleft$ <small>[36]</small>
Rutherfordium	104	$^{267}\text{Rf}$	1.3 h	2.5 h
Dubnium	105	$^{268}\text{Db}$	1.2 d	1.1 d
Seaborgium	106	$^{269}\text{Sg}$	14 min <sup>[37]</sup>	5 min
Bohrium	107	$^{270}\text{Bh}^{[e]}$	1 min	3.8 min
Hassium	108	$^{269}\text{Hs}$	9.7 s <sup>[39]</sup>	16 s
Meitnerium	109	$^{278}\text{Mt}^{[f][g]}$	4.5 s	7 s
Darmstadtium	110	$^{281}\text{Ds}^{[f]}$	12.7 s	14 s
Roentgenium	111	$^{282}\text{Rg}^{[f][h]}$	1.7 min	1.6 min
Copernicium	112	$^{285}\text{Cn}^{[f]}$	28 s	32 s
Nihonium	113	$^{286}\text{Nh}^{[f]}$	9.5 s	7 s
Flerovium	114	$^{289}\text{Fl}^{[f][i]}$	1.9 s	2.4 s
Moscovium	115	$^{290}\text{Mc}^{[f]}$	650 ms	410 ms
Livermorium	116	$^{293}\text{Lv}^{[f]}$	57 ms	80 ms
Tennesine	117	$^{294}\text{Ts}^{[f]}$	51 ms	70 ms
Oganesson	118	$^{294}\text{Og}^{[f][j]}$	690 $\mu\text{s}$	1.15 ms

# Szupernehéz kémia





# Felhasznált irodalom

- Horváth Ákos: Szupernehéz elemek (előadás)
- Fényes Tibor: Szupernehéz elemek (Fizikai Szemle 2008/12)
- Sigurd Hofmann , Gottfried Münzenberg & Matthias SCHÄDEL: On the Discovery of Superheavy Elements (Nuclear Physics News 03 Jun 2010.)
- Ch. E. Düllmann, W. Bröchle, [...]P. M. Zielinski: Chemical investigation of hassium (element 108) (Nature volume 418, pages859–862(2002))
- [https://www.chemistryviews.org/details/ezine/11196852/The\\_Chemistry\\_of\\_Superheavy\\_Elements.html](https://www.chemistryviews.org/details/ezine/11196852/The_Chemistry_of_Superheavy_Elements.html)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Island\\_of\\_stability](https://en.wikipedia.org/wiki/Island_of_stability)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Superheavy\\_element](https://en.wikipedia.org/wiki/Superheavy_element)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Extended\\_periodic\\_table](https://en.wikipedia.org/wiki/Extended_periodic_table)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Resonance\\_\(particle\\_physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Resonance_(particle_physics))
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_shell\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_shell_model)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Oganesson>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Nihonium>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Dubnium>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Rutherfordium>