

ELFT Anyagtudományi Őszi iskola

A (nano-)tudomány néhány alapkérdése



Kaptay György
BAY-LOGI + Miskolci Egyetem

2011. október 5., Visegrád

Az SI-sztori kezdete

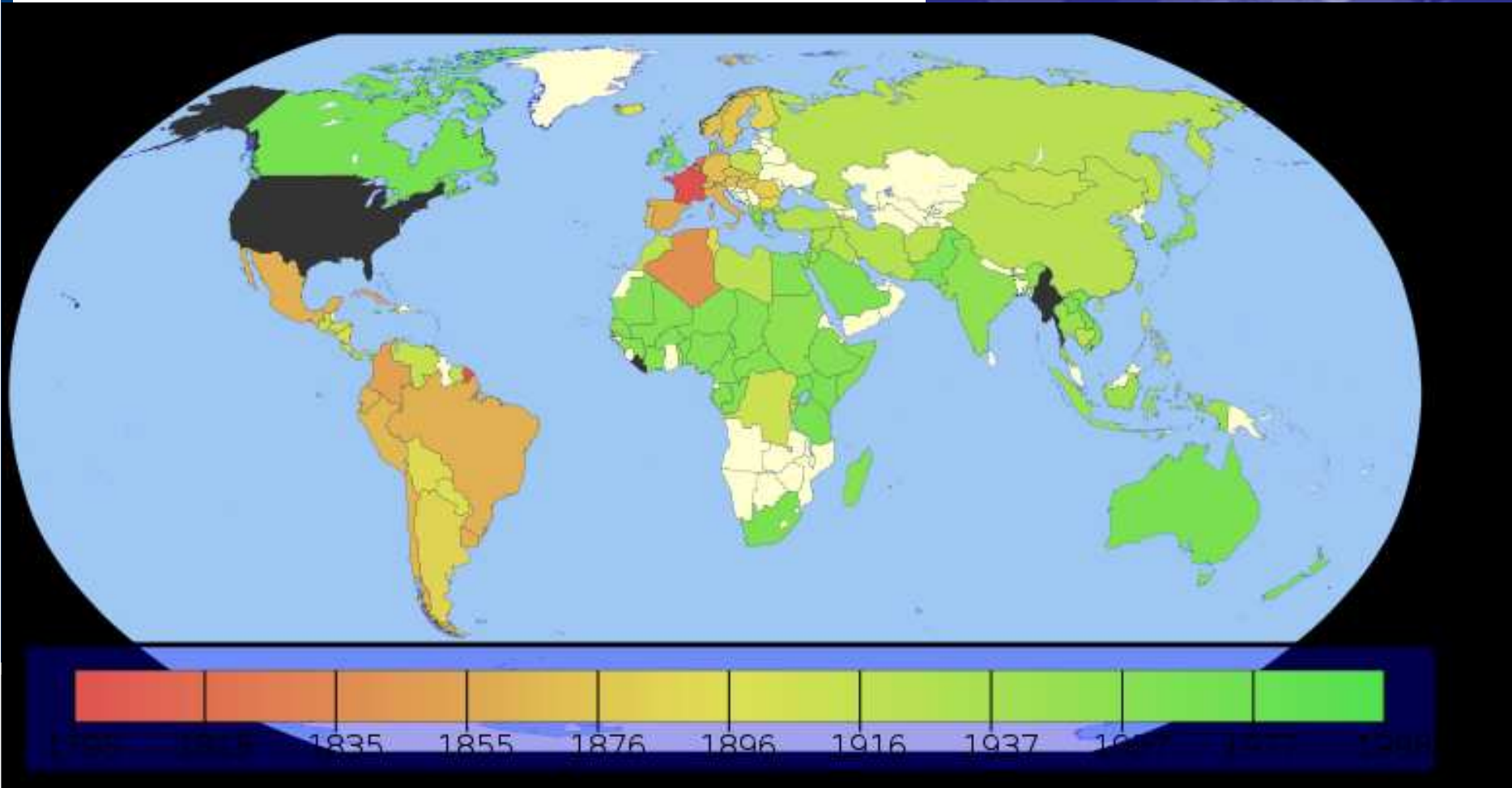


1799: az első logikusnak tűnő mértékegységrendszer (m – kg)

Hogy jutottunk idáig?

BIPM = Bureau International de Poids et Measures (1875 -)

CGPM = Conference Generale des Poids et Measures



A 7 alapegység

Fizikai mennyiség	Mértékegység	Mértékegység jele
Hossz	méter	m
Tömeg	kilogramm	kg
Idő	másodperc (szekundum)	s
Elektromos áram	amper	A
Termodinamikai hőmérséklet	kelvin	K
Fényintenzitás	kandela	cd
Anyagmennyiség	mól	mol

Követelmények az alapmértékegységekkel szemben

1. **Minimális darabszámú** alapmértékegység kell, olyan, hogy
2. Belőlük **minden származtatott** mértékegység következzen
3. **Ne függjenek** se egymástól, se a származtatott mértékegységektől
4. **Minimális (megjegyzendő) természeti állandó** következzen belőlük
5. Definíciójuk **univerzális** legyen és **örök** (természeti állandók)

1. Hossz (m)

Definíció ma: a fény által vákuumban megtett út hossza $1/299\,792\,458$ s alatt.

Gond 1.: alapmértékegység (m) származtatott mértékegységen (m/s) keresztül definiálva

Gond 2.: melyik mikroszkóphoz (tolómérőhöz) tudunk fénysebesség mérőt szerelni (vákuumban)?

Gond 3.: nincs definiálva, hogy milyen vákuumban? (a fénysebesség gázban nyomásfüggő)

2. Tömeg (kg)

Definíció ma: még mindig a Párizsban 122 éve széfbe rakott etalon által van definiálva

Gond 1.: ki fér hozzá a széfhez?

Gond 2.: ha hozzányúl valaki az etalonhoz, annak mennyivel változik a tömege (kg / hozzányúlás ?)

Gond 3.: k = prefixum, g = mértékegység (mg, ng, stb...) (sajnos még az iskolás gyerekek előtt is hülyét csinálunk magunkból, amikor ezt tanítjuk)

3. Idő (s)

Definíció ma: a Cs atom 0 K-en 1 s alatt 9 192 631 770 periódusnyi rezgést tesz két hiperfinom átmenete között

Gond 1.: ki mérte ezt le 0 K-en?

Gond 2.: ki tudja ezt reprodukálni?

4. Elektromos áram (A)

Definíció ma: ha 1 A áramot vezetünk át két, egymástól 1 m távolságra lévő, végtelen hosszú, párhuzamos, végtelen vékony henger között, akkor ezek a hengerek méterenként definíciószerűen adott erővel fogják vonzani egymást

Gond 1.: alapmértékegységet (A) egy másik alapmértékegységből (m) és egy származtatott mértékegységből (N) definiálunk

Gond 2.: ki tud végtelen kis átmérőjű és végtelen hosszú tökéletes hengert gyártani?

Gond 3.: $A = C/s$. Inkább a töltést kellene alapmértékegységként definiálni, és az áramerősséget származtatott mértékegységgé kellene tenni.

5. Termodinamikai hőmérséklet (K)

Definíció ma: A víz hármaspontjának $1/273,16$ -od része.

Gond 1.: A hármaspont szennyező-függő.

Gond 2.: túl jó: összemossa a 0 K-t, mint természetállandót és az 1 K lépésközt, amit eredetileg a víz olvadáspontja és forráspontja közötti skála 100-ad részeként definiáltak (Celsius)

Gond 3.: A hármaspont nehézkesen mérhető (nyomás) – ennél egyszerűbb lenne a víz standard olvadáspontjának $1/273,15$ -öd részeként definiálni.

6. Anyagmennyiség (mol)

Definíció ma: 1 mol az a halmaz, amiben ugyanannyi rész van, mint ahány atom van 12 g C-12 izotópban

Gond 1.: Egy halmazt miért kell ilyen bonyolultan definiálni? Miért nem lehet 1 mol = 12 db (1 tucat)? Vagy 10^{24} db?

Gond 2.: ebből következik egy feleslegesen bemagolandó Avogadro szám, amiről azt hisszük, hogy természeti állandó, holott nem az.

Gond 3.: A háttérben tetszetős számmisztika áll (6 proton + 6 neutron = 12 g/mol), de sajnos nem működik (az izotópeloszlások miatt), hiszen ettől függetlenül meg kell jegyezni (ki kell nézni a táblázatból) minden elem atomtömegét. A szénre ez nem 12 g/mol, hanem 12,01xxx g/mol.

7. Fényintenzitás (cd)

Definíció ma: az $540 \cdot 10^{12}$ Hz frekvenciájú, térszögenként (sr) $1/683$ W (=J/s) teljesítménnyel sugárzó monokromatikus fény által keltett fényintenzitás

Gond 1.: Egy alapegységet (cd) három származtatott mértékegységgel (Hz, sr, W) definiálunk.

Gond 2.: Szerintem ez nem alap, hanem származtatott mértékegység.

Mire készülnek a 24. CGPM konferencián (2011)?

Lefixálnak 7 természeti konstanst és onnan származtatják a 7 alapegységet (és a tradíciók miatt nem nyúlnak semmi máshoz):

1. Cs-133 hf átmeneti frekvenciája 0 K-en: $f = 9\,192\,631\,770$ Hz – innen: **másodperc**,
2. Fénysebesség vákuumban: $v = 299\,792\,458$ m/s – innen: **méter**,
3. Planck állandó: $h = 6,62606 \cdot 10^{-34}$ Js (m²kg/s) – innen: **kilogramm**,
4. Az elektron töltése: $e = 1,60217 \cdot 10^{-19}$ C (As) – innen: **Amper**,
5. Boltzmann állandó: $k = 1,3806 \cdot 10^{-23}$ J/K – innen: **Kelvin**,
6. Avogadro konstans: $N_{Av} = 6,02214 \cdot 10^{23}$ 1/mol – innen: **mol**,
7. Az $540 \cdot 10^{12}$ Hz frekvenciájú fénysugár hatékonysága: 683 cd sr / W – innen: **kandella**.

A javasolt SI-rendszer

Követelmény: ne zavarjuk meg az SI felhasználó oldalát, de könnyítsük az oktatást

5 alapmennyiség: hossz, tömeg, idő, hőmérséklet, elektromos töltés

5 alapmértékegység: m, kg, s, K, C

5 fizikai alapállandó (a lehető legpontosabban ismertek - CODATA):

Állandó*	jel	**	Legjobb ismert érték	u_r
H-frekvencia	f_H	s^{-1}	$2,466\ 061\ 413\ 187\ 174\ 10^{15}$	$1,4\ 10^{-14}$
Fénysebesség	c	$m\ s^{-1}$	$2,99\ 792\ 458\ 10^8$	pontos
Planck áll.	h	$kg\ m^2\ s^{-1}$	$6,626\ 068\ 96\ 10^{-34}$	$5,0\ 10^{-8}$
Boltzmann ¹ áll.	k_B	$kg\ m^2\ s^{-2}K^{-1}$	$1,380\ 6504\ 10^{-23}$	$1,7\ 10^{-6}$
Elemi töltés	e	C	$1,602\ 176\ 487\ 10^{-19}$	$1,5\ 10^{-8}$

Definíciók

- a másodperc (s) az idő mértékegysége: 1 s annyi időt jelent, amennyi alatt a hidrogén atom 1S1/2 – 2S1/2 típusú átmenete 2,466 061 413 187 174 1015 alkalommal történik meg ($u_r = 1,4 \cdot 10^{-14}$),
- a méter (m) a hossz mértékegysége: 1 m az a hossz, amennyit a fény vákuumban 1/2,99 792 458 108 s idő alatt megtesz ($u_r = 1,4 \cdot 10^{-14}$),
- a kilogramm (kg) a tömeg mértékegysége: 1 kg az a tömeg, ami (5,500 239 0 10^{34}) – szer nagyobb, mint a kifejezés értéke, ha abban mindhárom mennyiség SI mértékegységben van megadva ($u_r = 5,0 \cdot 10^{-8}$),

$$h \cdot f_H / c^2$$

$$h \cdot f_H / k_B$$

- a kelvin (K) a hőmérséklet mértékegysége: 1 K az a hőmérséklet, ami (1,183 521 10^5) – szer kisebb, mint a kifejezés értéke, ha abban mindhárom mennyiség SI mértékegységben van megadva ($u_r = 1,7 \cdot 10^{-6}$),
- a coulomb (C) az elektromos töltés mértékegysége: 1 C egy elektron töltésének az 1/1,602 176 487 10^{-19} -szeresét jelenti ($u_r = 1,5 \cdot 10^{-8}$).

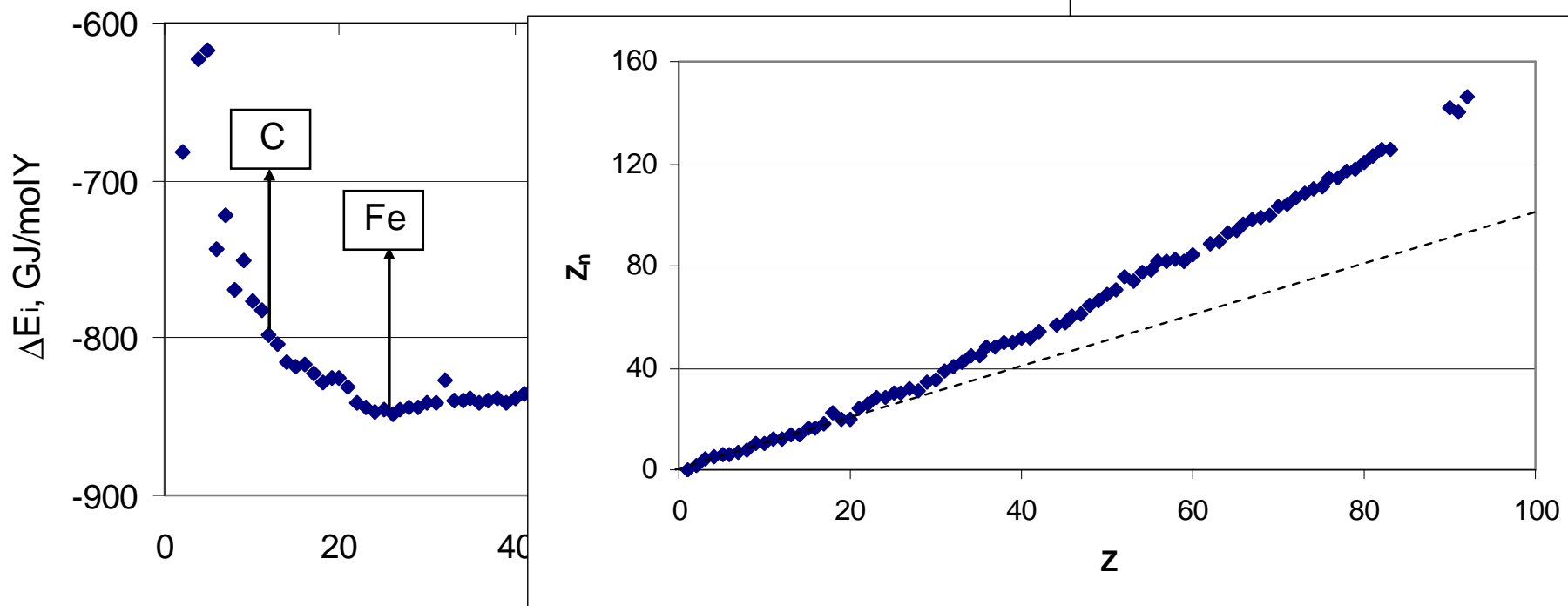
Atomtömegek (1)

gyakorlat \longrightarrow $m = M \cdot n$ \longleftarrow elmélet

$$M_{E-Y} = N_{Av} \cdot [Z \cdot (m_p + m_e) + Z_n \cdot m_n + Y \cdot \Delta m]$$

$$\Delta m = \frac{\Delta E_i}{v_\infty^2}$$

$$M_E \cong -1,57 + 2,14 \cdot Z + 0,00491 \cdot Z^2$$



Atomtömegek (2)

$$M_E = \sum_Y x_{E-Y} \cdot M_{E-Y}$$

A csoport (22 elem): Be, F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, Y, Nb, Rh, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Tm, Au, Bi, Th, Pa. Formátum: 26,9815386(8) g/mol.

B csoport (52 elem): He, Ne, Mg, Ar, K, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Zr, Mo, Ru, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Xe, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Hg, Pb, U. Formátum: 24,3050(6) g/mol.

C csoport (10 elem): H, Li, B, C, N, O, Si, S, Cl, Ti. Formátum: [6,938; 6,997] g/mol. De ennek az átlaga nem a legvalószínűbb 6,941(2) g/mol érték. Javaslat:

$$M_{Li} = 6,941(2)_{-0,003}^{+0,056}$$

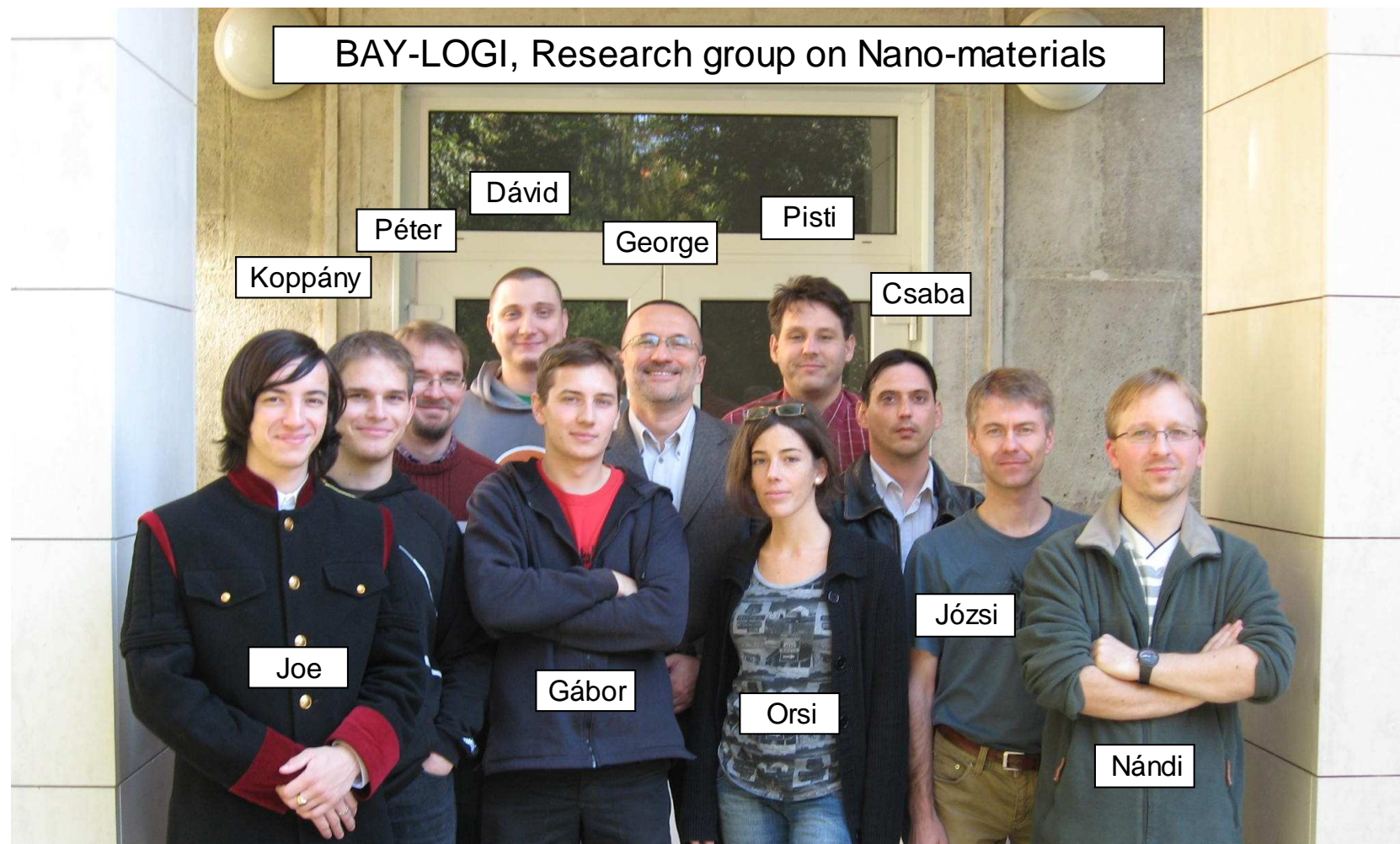
D csoport (28 elem): Tc, Pm, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt, Ds, Rg, Cn. Formátum: --. Javaslat: (259) g/mol.

$$M_E \cong \frac{\sum_Y \tau_{E-Y} \cdot M_{E-Y}}{\sum_Y \tau_{E-Y}}$$

1 H Hidrogén 1,00794(7) ^{+0,00017} _{-0,0001}								
3 Li Lítium 6,941(2) ^{+0,056} _{-0,003}	4 Be Berillium 9,012182(3)							
		rendszer szám → 4 ← vegyjel atomtömeg (g/mol) → 9,012182(3) ← név						
11 Na Nátrium 22,98976928(2)	12 Mg Magnézium 24,3050(6)			átlagos atomtömeg (g/mol) → 10,811(7) ^{+0,010} _{-0,005}		ennyivel lehet több (g/mol) ennyivel lehet kevesebb (g/mol)		
19 K Kálium 39,0983(1)	20 Ca Kalcium 40,078(4)	21 Sc Szkandium 44,955912(6)	22 Ti Titán 47,867(1)	23 V Vanádium 50,9415(1)	24 Cr Krom 51,9961(6)	25 Mn Mangán 54,938045(5)	26 Fe Vas 55,845(2)	27 Kc Kobalt 58,93
37 Rb Rubídium 85,4678(3)	38 Sr Stroncium 87,62(1)	39 Y Ittrium 88,90585(2)	40 Zr Cirkónium 91,224(2)	41 Nb Nióbium 92,90638(2)	42 Mo Molibdén 95,96(2)	43 Tc Technécium (98)	44 Ru Ruténium 101,07(2)	45 Ró Rózsium 102,9
55 Cs Cézium 132,9054519(2)	56 Ba Bárium 137,327(7)	57-71 Lantanoidák	72 Hf Hafnium 178,49(2)	73 Ta Tantál 180,94788(2)	74 W Volfrám 183,84(1)	75 Re Rénium 186,207(1)	76 Os Ozmium 190,23(3)	77 Ir Iridium 192,2
87 Fr Francium (219)	88 Ra Rádium (226)	89-103 Aktinoidák	104 Rf Ruterfordium (265)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Siborgium (270)	107 Bh Bórium (269)	108 Hs Hasszium (277)	109 Meit Meitnerium (285)
		57 La Lantán 138,90547(7)	58 Ce Cérium 140,116(1)	59 Pr Prazeodímium 140,90765(2)	60 Nd Neodímium 144,242(3)	61 Pm Prométium (145)	62 Sm Szamárium 150,36(2)	63 Eu Európaium 151,964(9)
		89 Ac Aktínium (227)	90 Th Tórium 232,03806(2)	91 Pa Protaktínium 231,03588(2)	92 U Urán 238,02891(3)	93 Np Neptúnium (237)	94 Pu Plutónium (244)	95 Am Amerícium (243)
		instabil elem jellemző atomtömege (g/mol) →						

										2	He Hélium 4,002602(2)										
										5	B Bór 10,811(7) ^{+0,010} _{-0,005}	6	C Szén (Karbon) 12,0107(8) ^{+0,0009} _{-0,0011}	7	N Nitrogén 14,0067(2) ^{+0,00058} _{-0,00027}	8	O Oxigén 15,9994(3) ^{+0,00037} _{-0,00037}	9	F Fluor 18,9984032(5)	10	Ne Neon 20,1797(6)
										13	Al Alumínium 26,9815386(8)	14	Si Szilícium 28,0855(3) ^{+0,0005} _{-0,0015}	15	P Foszfor 30,973762(2)	16	S Kén 32,065(5) ^{+0,011} _{-0,006}	17	Cl Klór 35,453(2) ^{+0,004} _{-0,007}	18	Ar Argon 39,948(1)
Ni Nikkel 58(7)	29	Cu Réz 63,546(3)	30	Zn Cink 65,38(2)	31	Ga Gallium 69,723(1)	32	Ge Germánium 72,63(1)	33	As Arzén 74,92160(2)	34	Se Szelén 78,96(3)	35	Br Brom 79,904(1)	36	Kr Kripton 83,798(2)					
Pd Palládium 106(4)	47	Ag Ezüst 107,8682(2)	48	Cd Kadmium 112,411(8)	49	In Indium 114,818(3)	50	Sn Ón 118,710(7)	51	Sb Antimon 121,760(1)	52	Te Tellúr 127,60(3)	53	I Jód 126,90447(3)	54	Xe Xenon 131,293(6)					
Pt Platina 195(2)	79	Au Arany 196,966569(4)	80	Hg Higany 200,59(2)	81	Tl Tallium 204,3833(2) ^{+0,0017} _{-0,0013}	82	Pb Ólom 207,2(1)	83	Bi Bizmut 208,98040(1)	84	Po Polónium (209)	85	At Asztácium (210)	86	Rn Radon (220)					
Ds Darmstadtium (285)	111	Rg Röntgenium (280)	112	Cn Kopernikium (285)																	
Gd Gadolinium 157(2)	65	Tb Terbium 158,92535(2)	66	Dy Diszprózium 162,500(1)	67	Ho Holmium 164,93032(2)	68	Er Erbium 167,259(3)	69	Tm Túlium 168,93421(2)	70	Yb Itterbium 173,054(5)	71	Lu Lutécium 174,9668(1)							
Cm Curium (247)	97	Bk Berkélium (247)	98	Cf Kalifornium (251)	99	Es Einsteinium (253)	100	Fm Fermium (257)	101	Md Mendelévium (259)	102	No Nobélium (259)	103	Lr Laurencium (256)							

BAY-LOGI, Research group on Nano-materials



Köszönjük a figyelmet

www.kaptay.hu, kaptay@hotmail.com