

GÁL FERENC  
EGYETEM

# Dinamikus egyensúly az élővilágban

**PROF. DR. DUX LÁSZLÓ**

egyetemi tanár,  
az MTA doktora,

**2026. február 17.**



Szegedi  
Tudományegyetem,  
Szent-Györgyi Albert  
Orvostudományi Kar,  
Biokémiai Intézet



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS  
MINISZTERIUM



Nemzeti Tehetség  
Program

***"Az előadás „Az Országos Tudományos Diákköri Konferencián, valamint tudományos műhelyein való részvétel és a lebonyolítási feladatok ellátása" című, NTP-HHTDK-25-0042 azonosítójú pályázati program keretében valósul meg."***



# A mindenség egy évben /Sipos Imre SJP/ nyomán

I.1. 0.00	„Big Bang”
IX.13.	Naprendszer, Föld
X.11.	Élet
XII.19.	Gerincesek
XII. 26.	Emlősök
XII.31.21 óra 45 perc	Hominidák
XII. 31. 23 óra 57 perc	Neandertáliak
XII.31. 23 óra 59 perc	Homo sapiens
XII.31.23 óra 59p 50mp	Piramisok
XII.31.23 óra 59p 56mp	Jézus születése
Időszámítás kezdete óta	4 másodperc

## Fontosabb fizikai állandók

Állandó neve	Jelölés	Érték	Mértékegység
Pi	$\pi$	3,141592653589793238462643383279	–
Euler-féle szám	$e$	2,7182818284	–
Fénysebesség vákuumban	$c$	299 792 458	m/s
Gravitációs állandó	$G$	$6,67259 \cdot 10^{-11}$	N·m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Gravitációs gyorsulás (Zürich, 45°)	$g$	9,80665	m/s <sup>2</sup>
Elektron tömege	$m_e$	$9,1093897 \cdot 10^{-31}$	kg
Proton tömege	$m_p$	$1,6726231 \cdot 10^{-27}$	kg
Neutron tömege	$m_n$	$1,6749286 \cdot 10^{-27}$	kg
Elemi töltés	$e$	$1,60217733 \cdot 10^{-19}$	C
Planck-állandó	$h$	$6,6260755 \cdot 10^{-34}$	J·s
Boltzmann-állandó	$k$	$1,380658 \cdot 10^{-23}$	J/K
Vákuum dielektromos állandója	$\epsilon_0$	$8,854187817 \cdot 10^{-12}$	F/m
Vákuum permeabilitása	$\mu_0$	$1,256637061 \cdot 10^{-6}$	V·s/(A·m)
Stefan–Boltzmann-állandó	$\sigma$	$5,67051 \cdot 10^{-8}$	W/(m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup> )
Avogadro-állandó	$N_A$	$6,0221367 \cdot 10^{23}$	1/mol
Moláris térfogat (standard állapot)	$V_m$	0,0224141	m <sup>3</sup> /mol
Univerzális gázállandó	$R$	8,31451	J/(mol·K)
Faraday-állandó	$F$	96485,309	C/mol
Coulomb-állandó	$k$	$8.987\ 551\ 792 \times 10^9$	N·m <sup>2</sup> /C <sup>2</sup>

PERIÓDUS CSOPORT	s-elemek		AZ ELEMEK PERIÓDUSOS RENDSZERE										p-elemek					
	I	II	III	IV	V	VI	d-elemek		VIII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	0
K 1	1,01 <b>H</b> 1 Hidrogén		relatív atomtömeg ——— 26,98 vegyjel ——— <b>Al</b> <sup>3</sup> <sub>8</sub> rendszám ——— 13 ——— az elektronok eloszlása az energiaszinteken Alumínium															4,00 <b>He</b> 2 Hélium
L 2	6,94 <b>Li</b> 3 Lítium	9,01 <b>Be</b> 4 Berillium											10,81 <b>B</b> 5 Bór	12,01 <b>C</b> 6 Szén	14,01 <b>N</b> 7 Nitrogén	16,00 <b>O</b> 8 Oxigén	19,00 <b>F</b> 9 Fluor	20,18 <b>Ne</b> 10 Neon
M 3	22,99 <b>Na</b> 11 Nátrium	24,31 <b>Mg</b> 12 Magnézium											26,98 <b>Al</b> 13 Alumínium	28,09 <b>Si</b> 14 Szilícium	30,97 <b>P</b> 15 Foszfor	32,07 <b>S</b> 16 Kén	35,45 <b>Cl</b> 17 Klór	39,95 <b>Ar</b> 18 Argon
N 4	39,10 <b>K</b> 19 Kálium	40,08 <b>Ca</b> 20 Kalcium	44,96 <b>Sc</b> 21 Szkandium	47,90 <b>Ti</b> 22 Titán	50,94 <b>V</b> 23 Vanádium	52,00 <b>Cr</b> 24 Króm	54,94 <b>Mn</b> 25 Mangán	55,85 <b>Fe</b> 26 Vas	58,93 <b>Co</b> 27 Kobalt	58,71 <b>Ni</b> 28 Nikkel	63,55 <b>Cu</b> 29 Réz	65,39 <b>Zn</b> 30 Cink	69,72 <b>Ga</b> 31 Gallium	72,59 <b>Ge</b> 32 Germánium	74,92 <b>As</b> 33 Arzén	78,96 <b>Se</b> 34 Szelén	79,90 <b>Br</b> 35 Bróm	83,80 <b>Kr</b> 36 Kripton
O 5	85,47 <b>Rb</b> 37 Rubídium	87,62 <b>Sr</b> 38 Stroncium	88,91 <b>Y</b> 39 Ittrium	91,22 <b>Zr</b> 40 Cirkónium	92,91 <b>Nb</b> 41 Niobium	95,94 <b>Mo</b> 42 Molibdén	98,91 <b>Tc</b> 43 Technécium	101,07 <b>Ru</b> 44 Ruténium	102,91 <b>Rh</b> 45 Ródium	106,4 <b>Pd</b> 46 Palládium	107,87 <b>Ag</b> 47 Ezüst	112,41 <b>Cd</b> 48 Kadmium	114,82 <b>In</b> 49 Indium	118,71 <b>Sn</b> 50 Ón	121,75 <b>Sb</b> 51 Antimon	127,60 <b>Te</b> 52 Tellúr	126,90 <b>I</b> 53 Jód	131,30 <b>Xe</b> 54 Xenon
P 6	132,91 <b>Cs</b> 55 Cézium	137,33 <b>Ba</b> 56 Bárium	178,49 <b>Hf</b> 72 Háfnium	180,95 <b>Ta</b> 73 Tantál	183,85 <b>W</b> 74 Volfrám	186,21 <b>Re</b> 75 Rénum	190,2 <b>Os</b> 76 Ozmium	192,22 <b>Ir</b> 77 Iridium	195,09 <b>Pt</b> 78 Platina	196,97 <b>Au</b> 79 Arany	200,59 <b>Hg</b> 80 Higany	204,37 <b>Tl</b> 81 Tallium	207,2 <b>Pb</b> 82 Ólom	208,98 <b>Bi</b> 83 Bizmut	209 <b>Po</b> 84 Polónium	210 <b>At</b> 85 Asztácium	222 <b>Rn</b> 86 Radon	
Q 7	223 <b>Fr</b> 87 Francium	226,03 <b>Ra</b> 88 Rádium	89-103	261 <b>Rf</b> 104 Raterfordium	262 <b>Ha</b> 105 Hanium	263 <b>Unh</b> 106 Unnilhexium	262 <b>Uns</b> 107 Unnilseptium	265 <b>Uno</b> 108 Unniloctium	266 <b>Uue</b> 109 Unnilennium	*Az elemek ideiglenes elnevezése - 104 Rf - Ratherfordium - 104 Ku - Kurtschatovium - 105 Ha - Hanium - 105 Ns - Nielsbohrium								

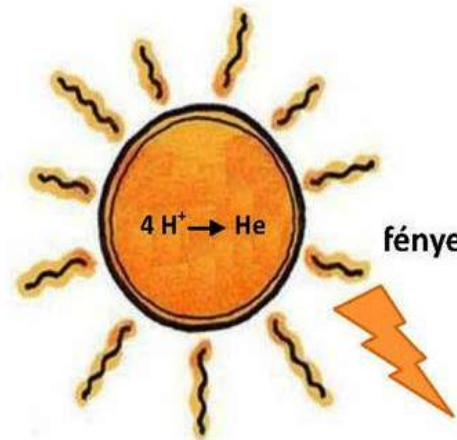
f-elemek

LANTANOIDÁK	138,91 57 Lantán	140,12 58 Cérium	140,91 59 Prazeodimium	144,24 60 Neodimium	145 61 Promethium	150,4 62 Szamárium	151,96 63 Europium	157,25 64 Gadolínium	158,93 65 Terbium	162,50 66 Diszprózium	164,93 67 Holmium	167,26 68 Erbium	168,93 69 Túlium	173,04 70 Itterbium	174,97 71 Lutécium
AKTINOIDÁK	227,03 89 Aktínium	232,04 90 Tórium	231,04 91 Protaktínium	238,03 92 Urán	237,05 93 Neptúnium	244 94 Plutónium	243 95 Americium	247 96 Kürium	247 97 Berkélium	251 98 Kalifornium	254 99 Einsteinium	257 100 Fermium	258 101 Mendelévium	259 102 Nobélium	260 103 Laurencium

# Élő rendszerek termodinamikai jellemzői

1. Nyitott rendszerek, melyek a környezettel állandó anyag, energia, információ kicserélődésben vannak
2. A környezethez képest magasabb rendezettséget (kisebb entrópiát) mutatnak

# Entrópia piramis



fényenergia

(ATP)

Autotróf

Heterotróf

élő  
szervezet  
szerv  
szövet  
sejt

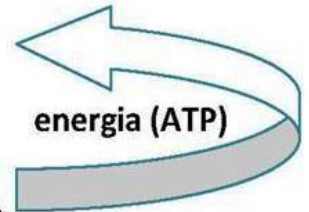
Komplex  
molekularendszerek,  
multi enzimek, sejtorganelumok

szerves makromolekulák  
fehérjék, poliszacharidok, zsírok

Kis szerves molekulák

- cukrok
- aminosavak
- zsírsavak

$CO_2$   $H_2O$   $NH_3$  ionok stb.

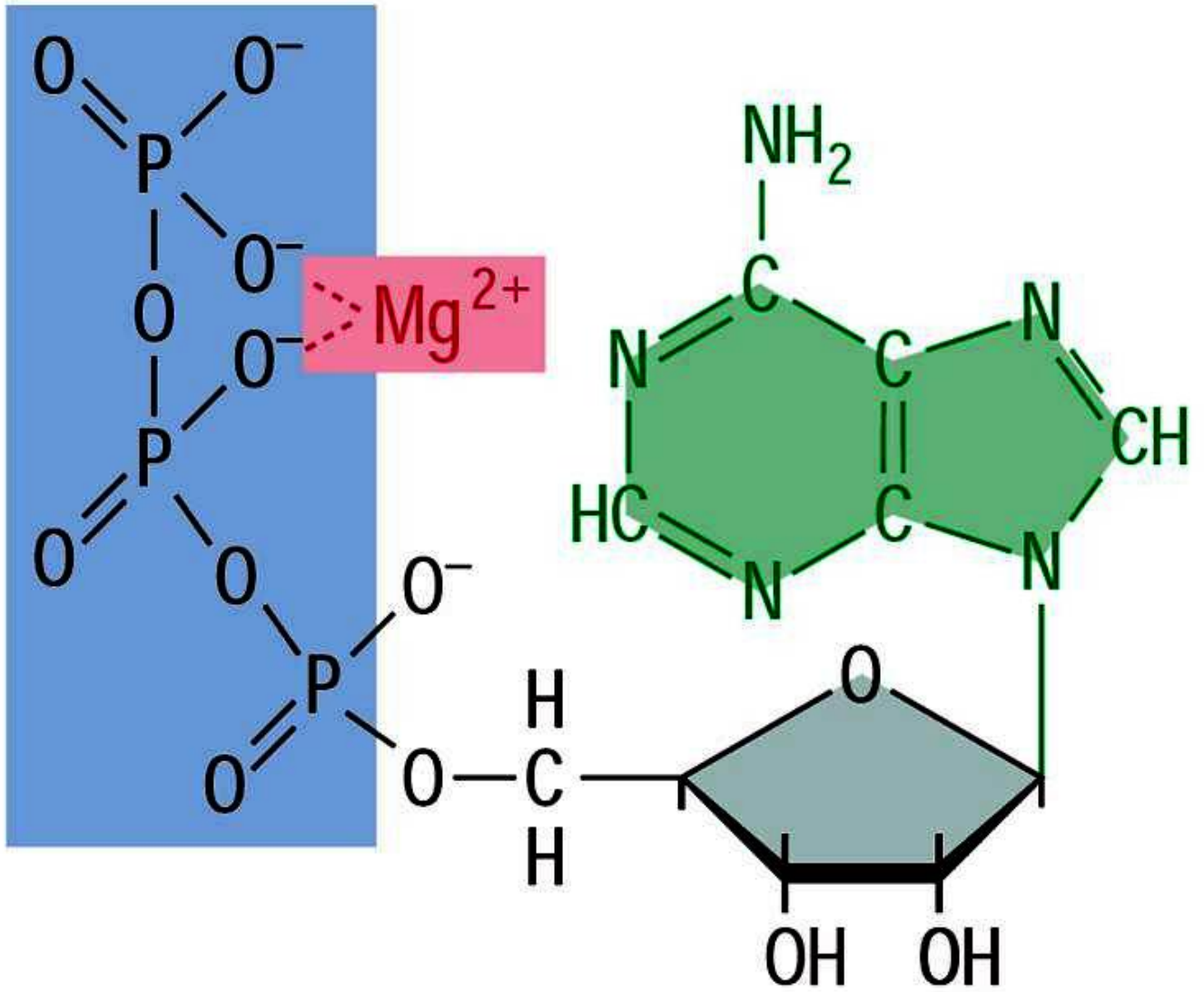


Környezet

Környezet



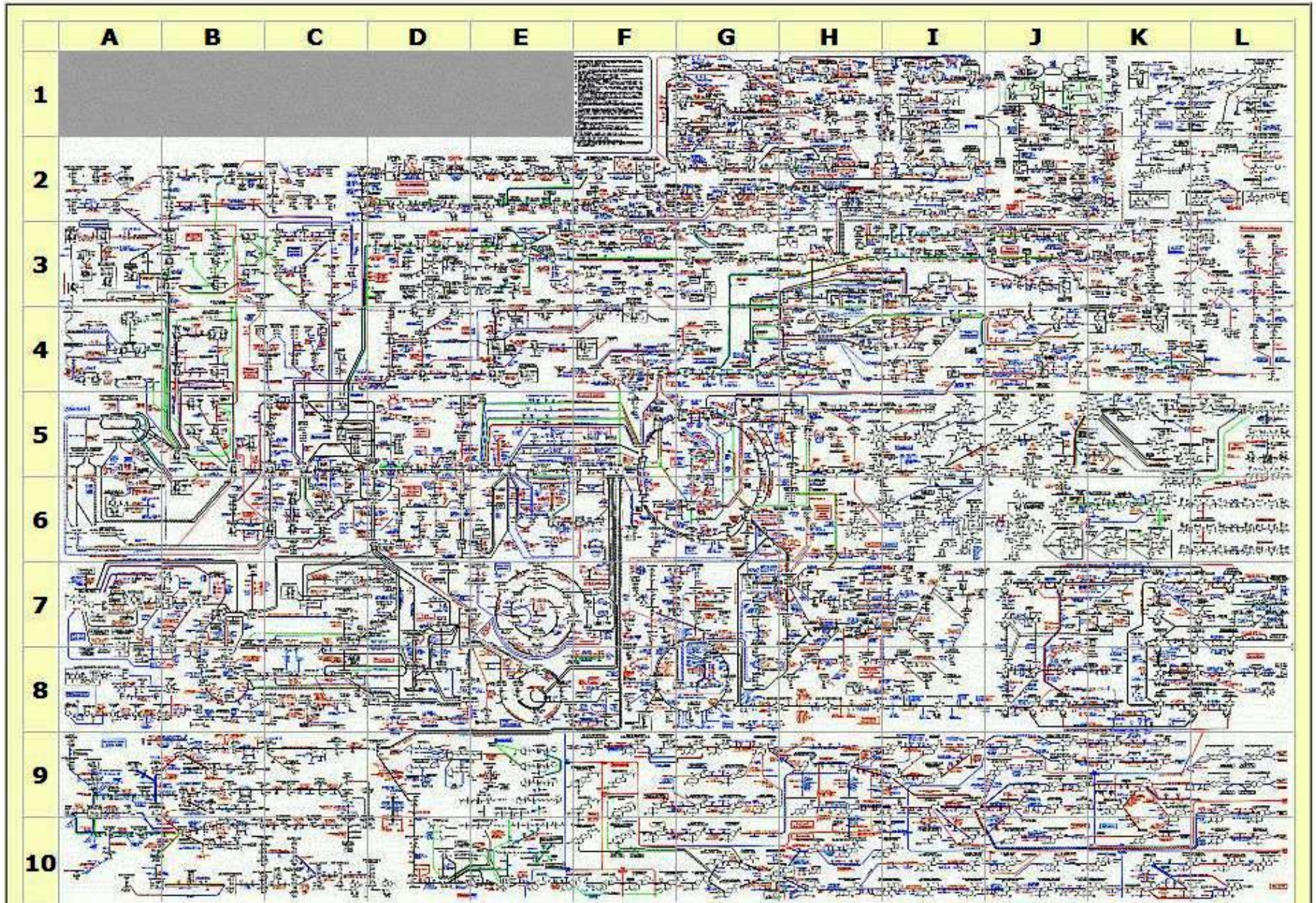
$\text{CH}_4$	metán
$-\text{CH}_3$	metilcsoport
$-\text{CH}_2-$	metiléncsoport
$=\text{CH}-$	metincsoport
$\begin{array}{c}   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \end{array}$	hidroxilcsoport
$\begin{array}{c}   \\ \text{C}=\text{O} \\   \end{array}$	karbonil csoport
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	karboxil csoport
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ // \\ \text{O} \end{array}$	szén-dioxid



**ATP**



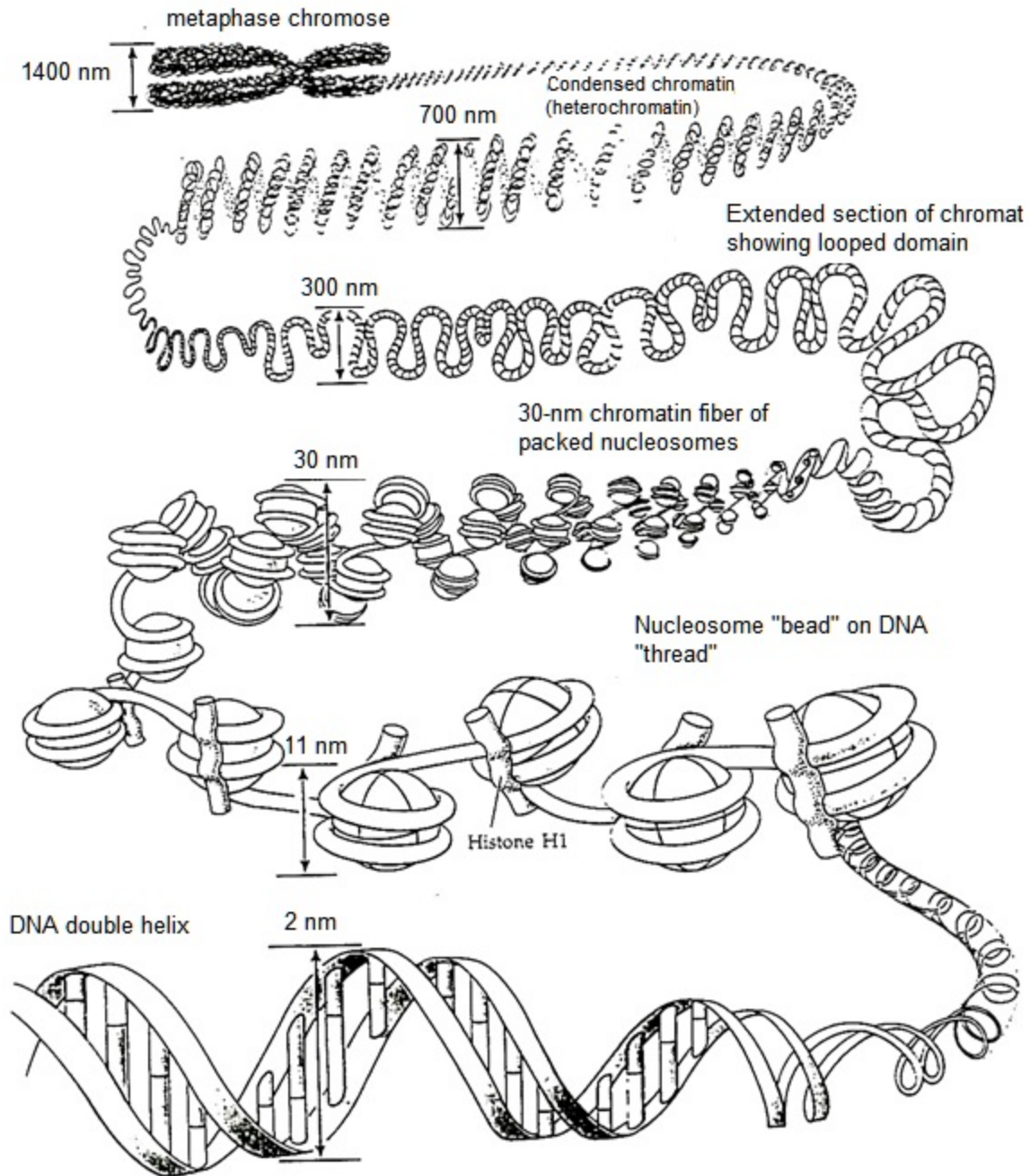
# Biochemical Pathways - Metabolic Pathways

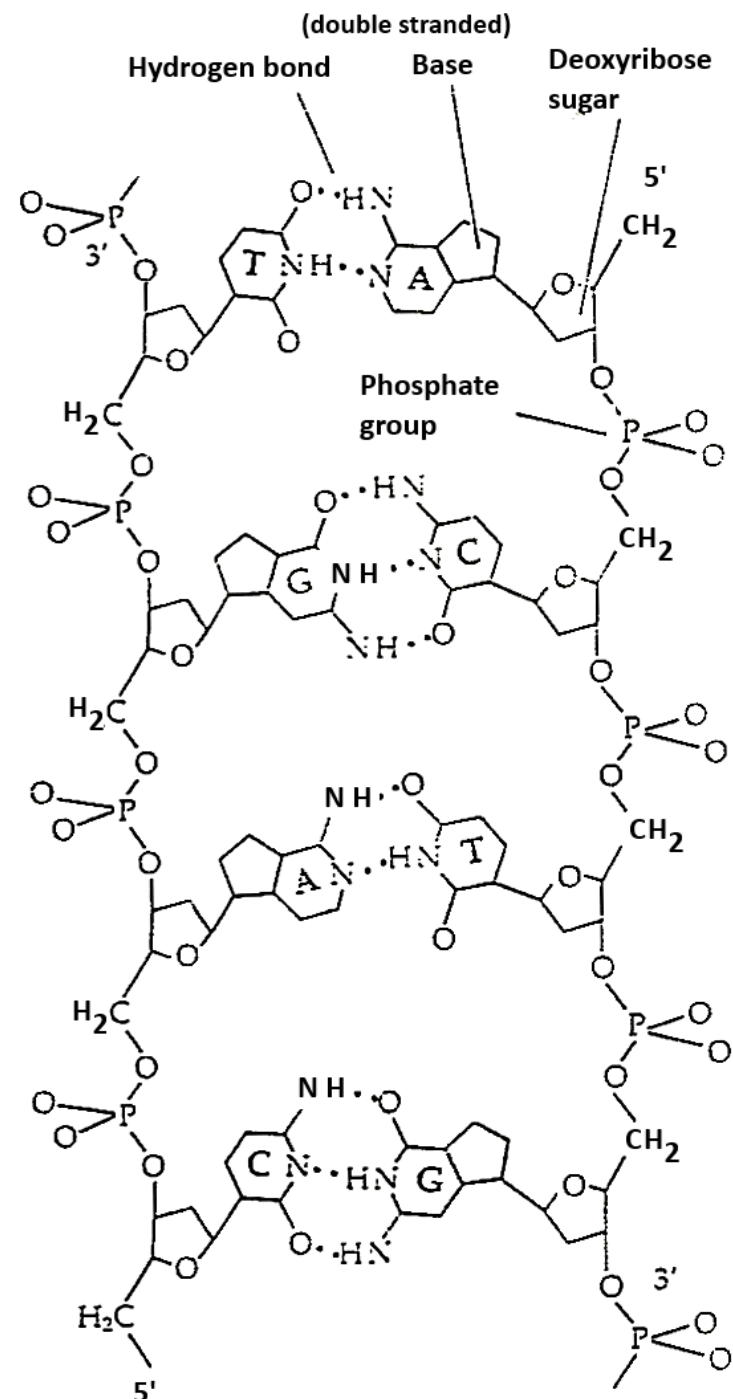
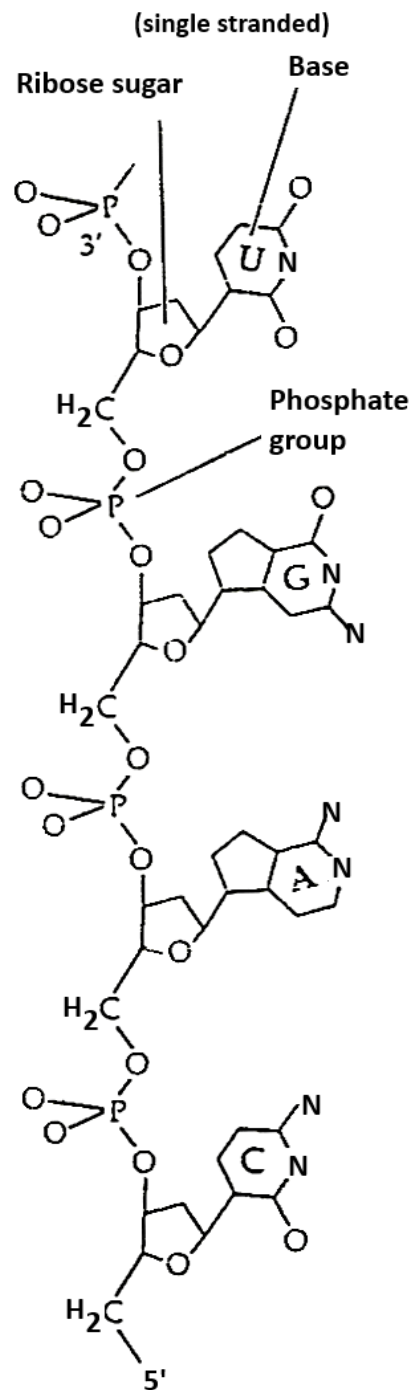




# Levels of DNA Packing

Schematic diagram of how DNA is "packed" into a metaphase chromosome

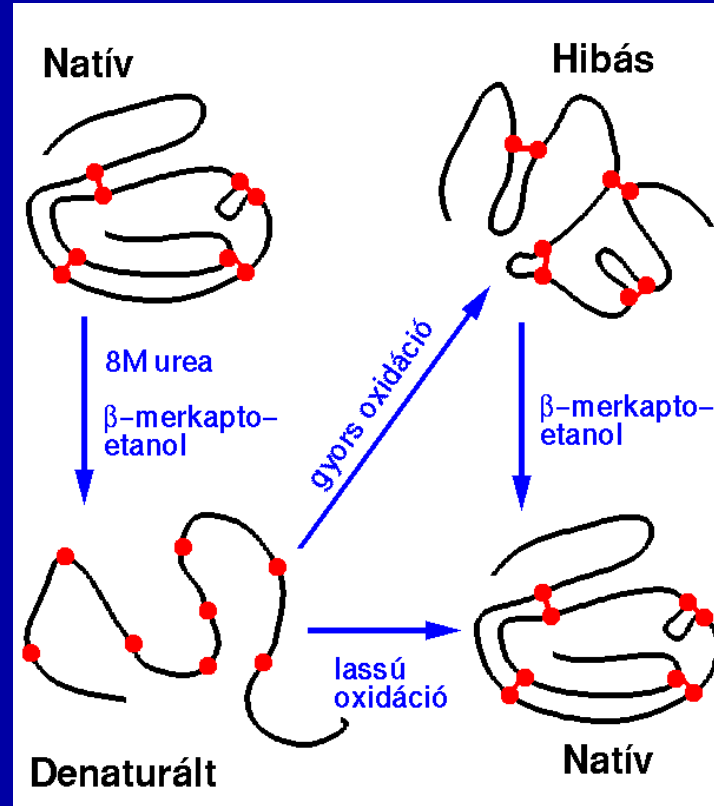




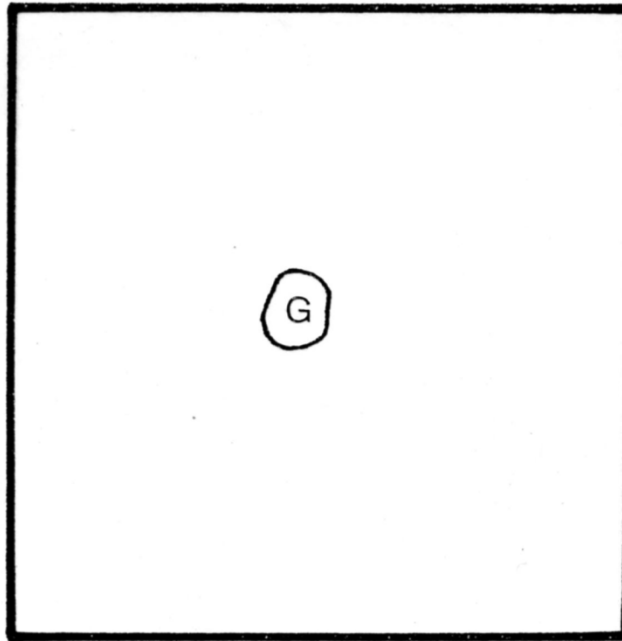
### 3.25 RNA versus DNA

A ribonucleic acid (RNA) is made up of a ribose sugar-phosphate backbone with a nitrogenous base attached to each sugar, as shown on the left. On the right is a portion of a double-stranded deoxyribonucleic acid (DNA); it consists of two deoxyribose sugar-phosphate backbones, with the bases attached to the sugars between the strands. The molecule is held together by hydrogen bonds between opposite bases on the two strands. For the bases, A = adenine, T = thymine, G = guanine, C = cytosine, and U = uracil. Note that RNA contains U where DNA contains T.

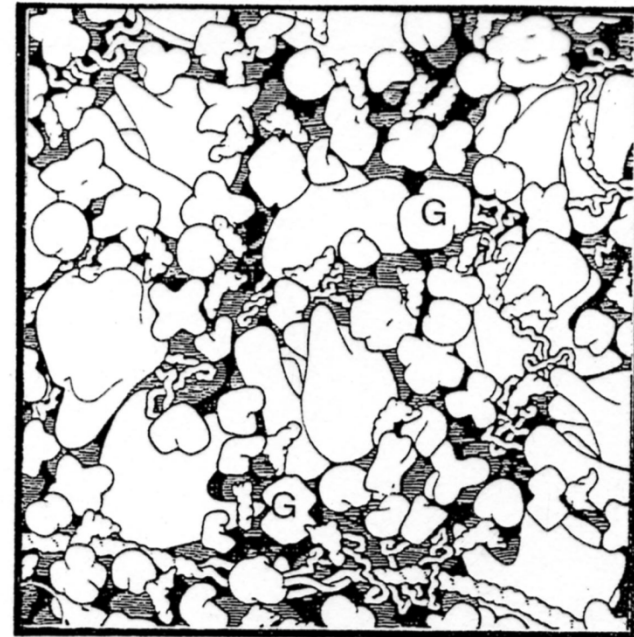
# Levinthal paradoxon



Anfinsen kísérlete (1961)

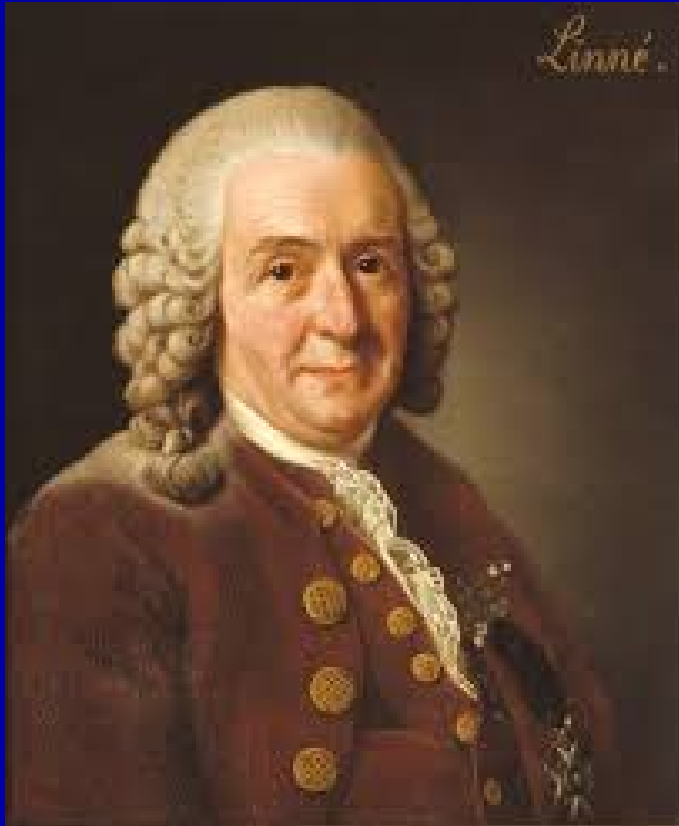


**In vitro**

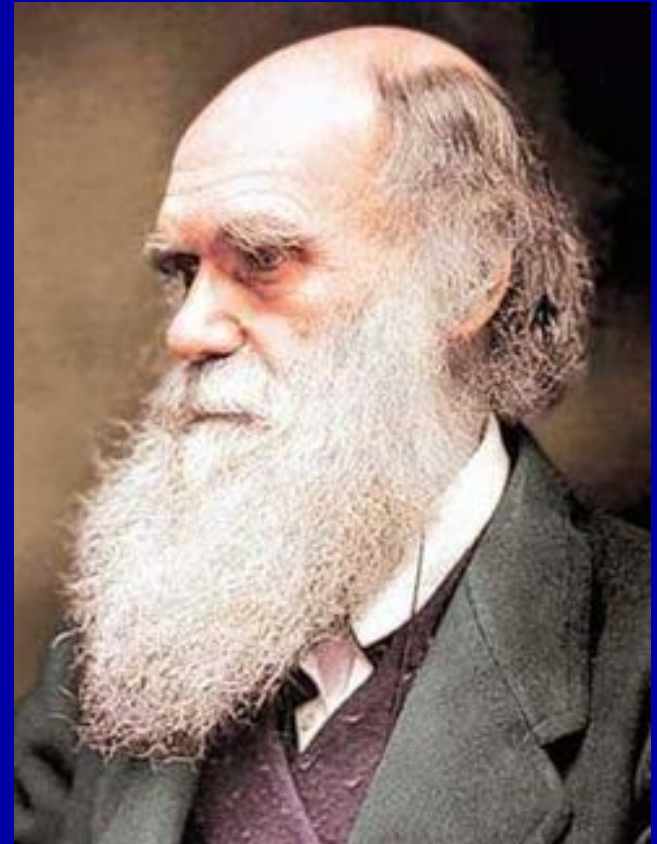


**In vivo**

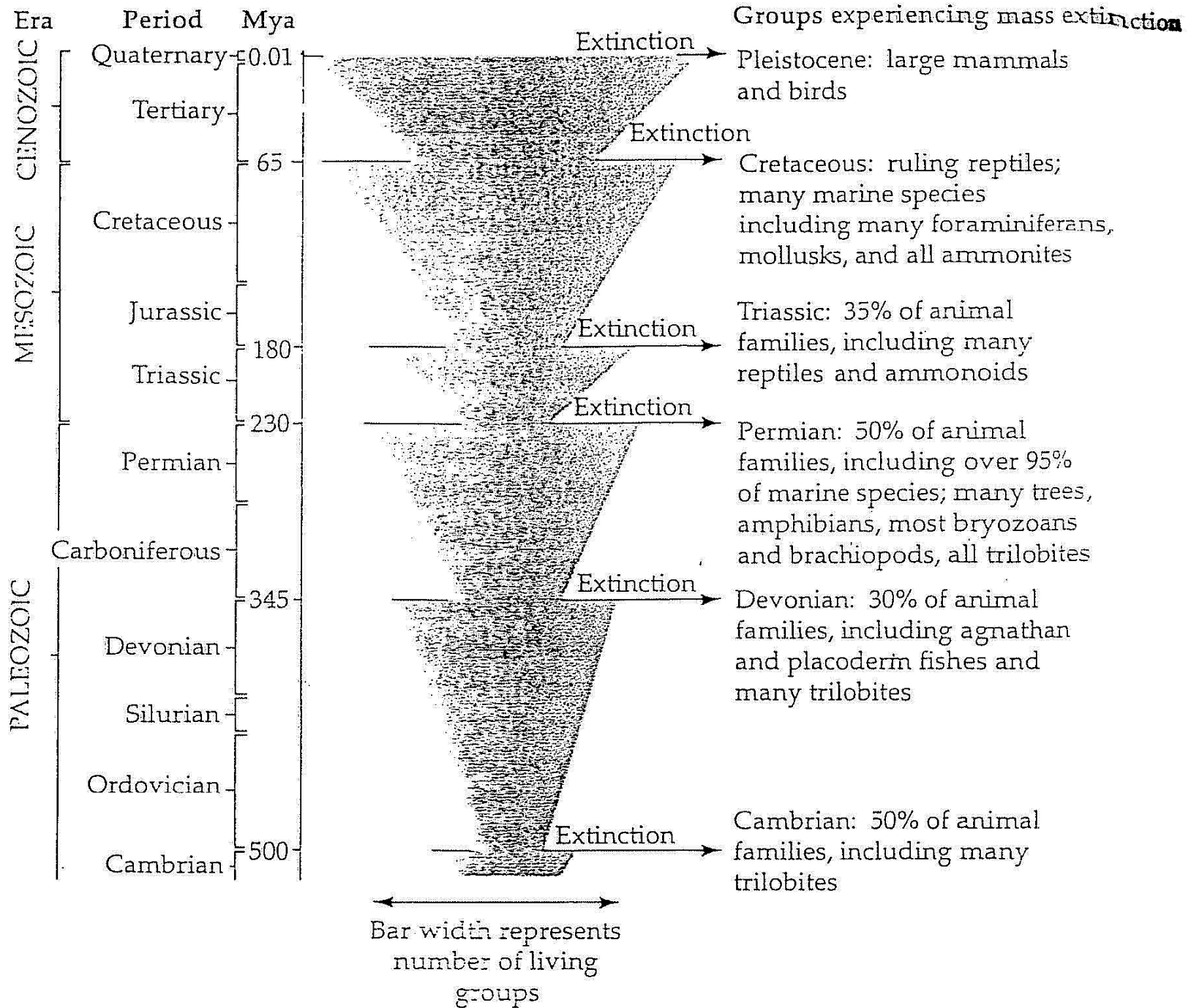
**Fig. 2.** Macromolecular crowding or the airport terminal effect (after Goodsell, 1991). Each square represents the face of a cube with an edge 100 nm in length. The left-hand square (*in vitro*) illustrates the  $1.5 \mu\text{M}$  concentration of GroEL, similar to that used in many protein refolding experiments; there is one GroEL oligomer per cube (labeled G and approximately to scale). The right-hand square (*in vivo*) illustrates the  $3 \mu\text{M}$  concentration of GroEL in the cytoplasm of *E. coli*; there are about two oligomers per cube, and the whole cytoplasm consists of about 600 such cubes. The other structures in the right-hand square represent the sizes and concentrations of the macromolecular components in the cytoplasm that create crowding by occupying so much space; thus each cube contains in addition to two GroEL molecules (G) about 30 ribosomes, 340 tRNA molecules, and 500 other protein molecules. The right-hand square is reprinted with permission from Goodsell (1991).

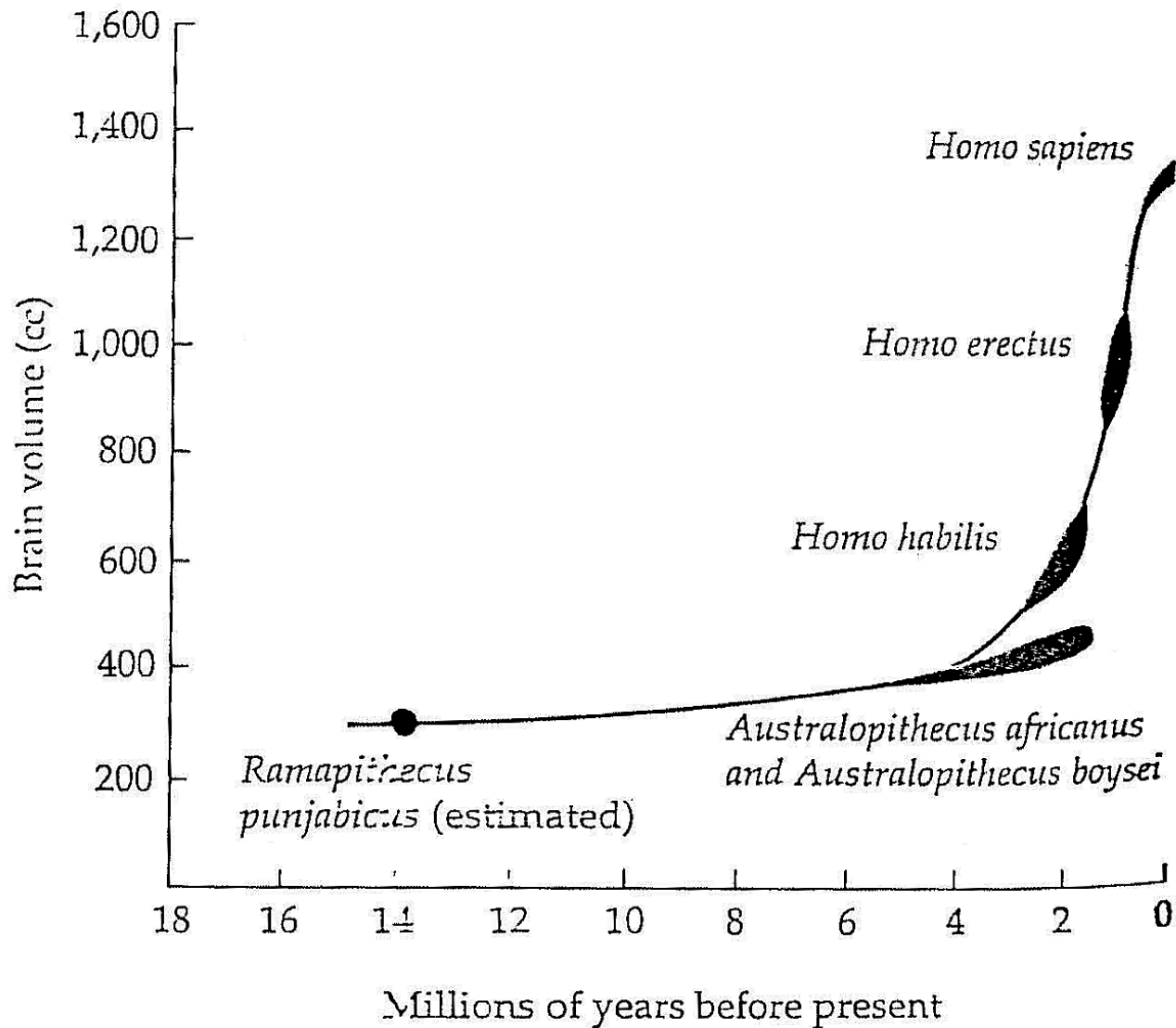


**Carl von Linné**  
(1707 – 1778)



**Charles Darwin**  
(1809-1882)

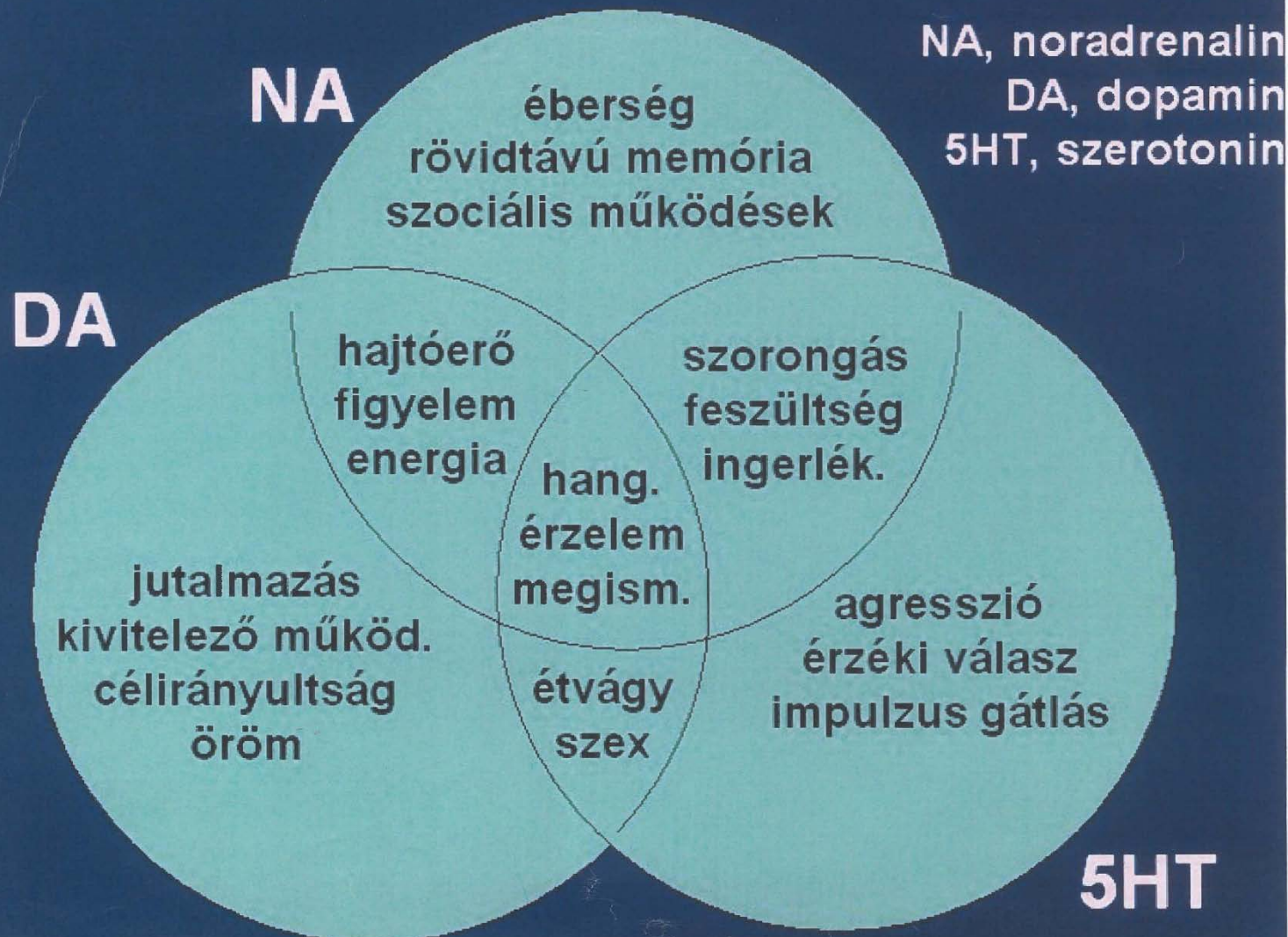




### 26.27 Hominid Brains Enlarged Rapidly

Notice how rapidly, in evolutionary terms, the brain tripled in volume.

# Neurotranszmitterek



# Neandertals Fossils from Smithsonian Institution



# ÖTZI

(i.e. 3300-3500 év)

1991 Ötzauer–Alpok, Tirol, Ausztria

- 2008 - sikeres genom szekvenálás:



- 0+ vércsoport, barna szem
- keringési betegségekre való hajlam
- valószínűleg hordozta a Lyme-kórt
- valószínűleg laktóz-intoleranciája is volt

*Nature Commun. 3, 698. (2012)*

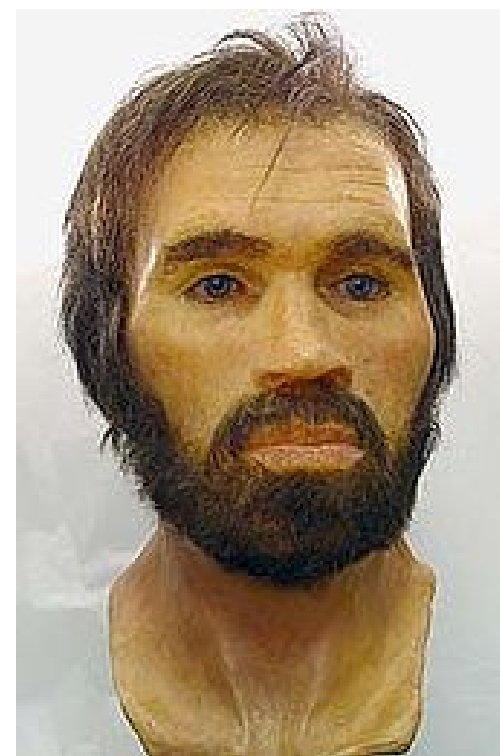


# Lindow Man

(kb. i.e 200 év)

1984. 08. 01.

Lindow mocsár, Wilmslow - Cheshire,  
Észak-Nyugat-Anglia



British Múzeum

**Köszönöm a figyelmet !**





# Levinthal paradoxon

## Cyrus Levinthal gondolkísérlete (1968)

Példa: egy 101 aminosavból álló fehérje feltekeredése.

- Ebben 100 db peptid-kötés található és legyen egy kikötés, mi szerint minden kötés csak 2 féle állapotba rendeződhet. Így egy konformációs állapot kialakulásának az ideje 1 ns.
- Az összes lehetőség kipróbálásának az ideje „véletlen keresgélés” esetén:  $2^{100} \cdot 10^{-9} \text{s} = 4,02 \cdot 10^{13} \text{ év}$ .
- Ez sokkal több, mint a Föld keletkezése óta eltelt  $4,6 \cdot 10^9 \text{ év}$ ...
- Konklúzió 1: natív szerkezet véletlenszerű bolyongással nem található meg.
- Konklúzió 2: végleges szerkezet kialakulása irányított.
- Feltekeredés és a végső konformáció kialakulásának valódi időskálája:  $\mu\text{s} - \text{ms}$