

Fotobiológia – Asztrobiológia

(Miért érdekes az űrkutatásban?)

Rontó Györgyi
SE, Prof. emeritus

CÉLOK

- **Fotobiológia**

Az optikai tartomány*

(UV, VIS, IR)

hatása biológiai
rendszerekre

Hatásmechanizmusok

emissziós-

abszorpciós-

hatás-spektrum+

molekuláris biol., biokémiai
módszerek

Finsen, 1903

- **Asztrobiológia**

(Kozmo-kémia)

(Égitestek keletkezése)

Földi élet feltételei mint
referenciák:

ősi élet

az élet határai

életterek és életnyomok

a Földön kívül,

a naprendszerben,

a naprendszeren kívül

⇒ **fény, UV-fény szerepe**

Az élethez szükséges feltételek

- **Az élő anyaghoz szükséges elemek (C, N, O, S, H stb.) jelenléte**
- **Víz (folyékony halmazállapot)**
- **Alkalmos hőmérséklet**
- **Energia az életfolyamatokhoz**
- **Stabil környezet (Sugárvédelem: ionizáló/részecske, foton)**

Psychrophyl (min:-2°C)

Mesophyl (20-45°C)

Thermophyl (50-80°C)

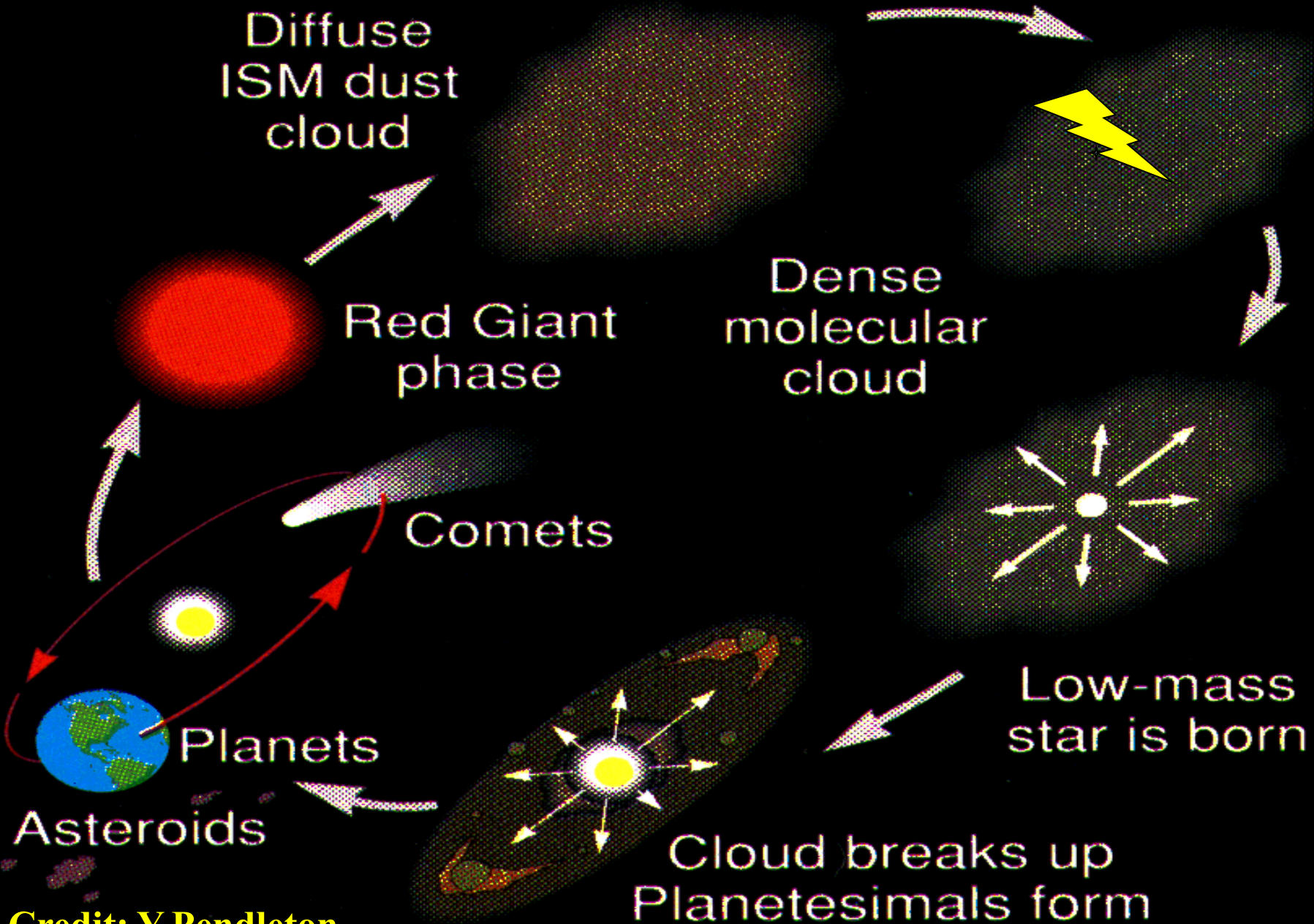
Hyperthermophyl (80-130°C)

Megközelítések

- Számítások (matematikai modellezés) – pl. üstökös pályájának, bolygó légkörének, víztartalmának stb. kiszámítása
- Kísérletek (analóg földi feltételek) – pl. csökkent gravitáció, fokozott korpuszkuláris,- elektromágneses sugárzás, extrém hőmérsékletek hatásának vizsgálata megfelelő modell-rendszereken (szimulációk)
- „in situ” vizsgálatok – pl. Rosetta lander

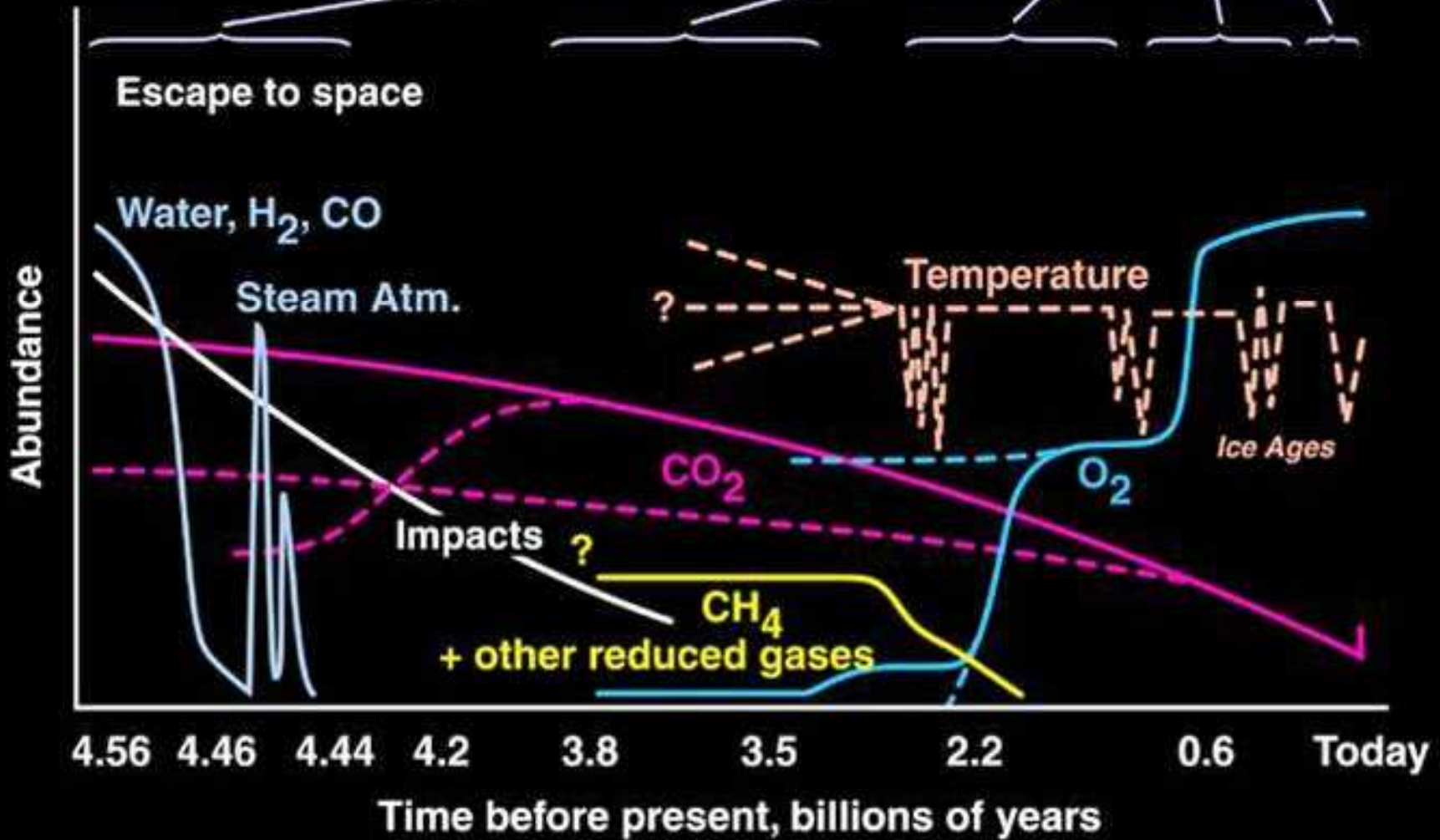
Maradjunk az **UV** sugárzásnál!

Life cycle of a low-mass star

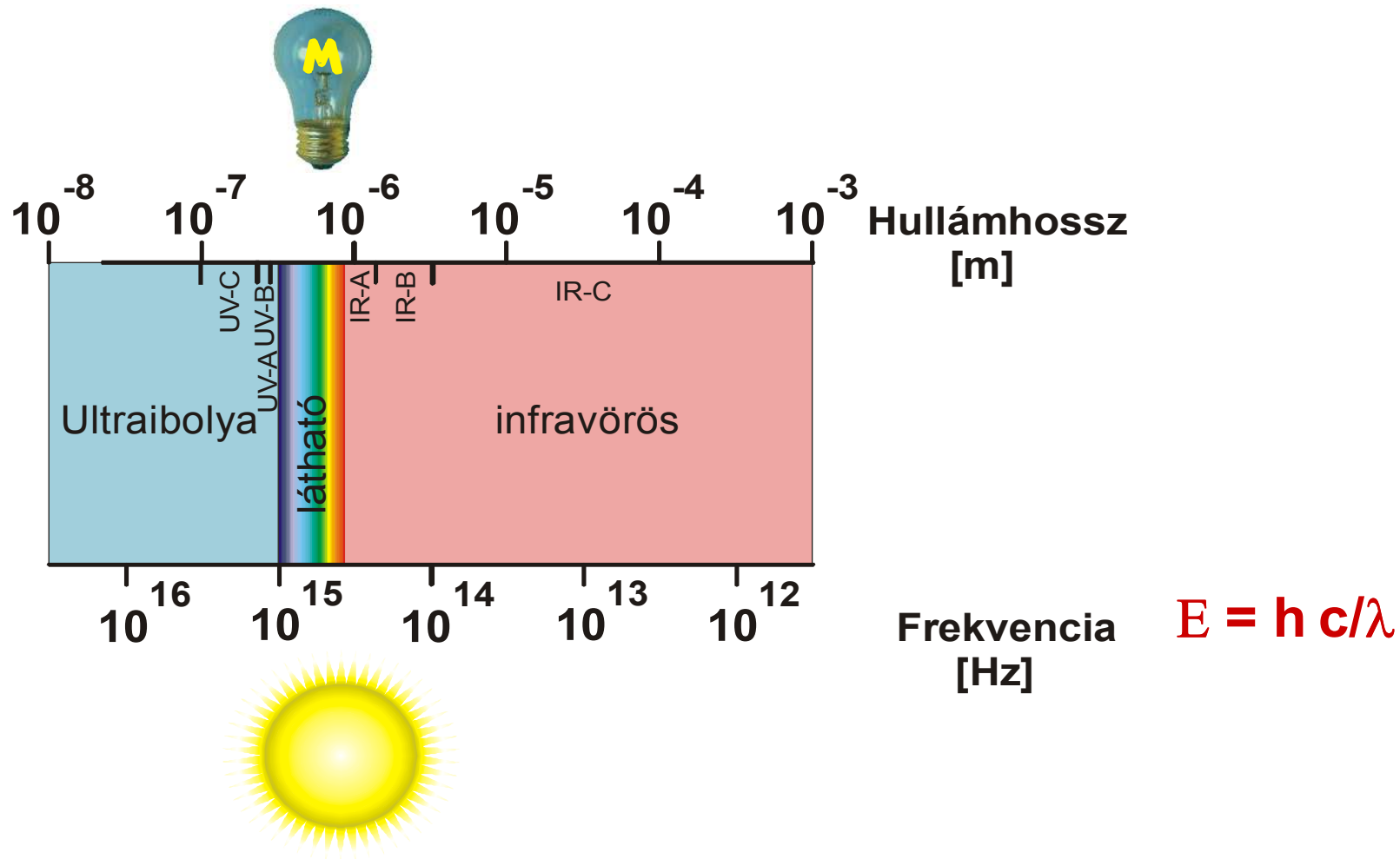


Credit: Y.Pendleton

Earth's Atmosphere Through Time



AZ OPTIKAI TARTOMÁNY



AZ OPTIKAI TARTOMÁNY FELOSZTÁSA

- **Infravörös:**
800 nm-- ~ mm
- **Látható**
(380) 400—780 (800) nm
- **Ultraibolya (UV)**
UV-A: 315—380 (400) nm
UV-B: 280– 315 nm
UV-C: 200—280 nm
VUV (vákuum-UV): 100—200 nm

EREDETE:

- természetes (Nap)**
- mesterséges (UV lámpák)**

Biológiai minták a világűrben

A vizsgálat célja: az űrbéli

- hőmérséklet,
- súlytalanság, **hatása** biológiai rendszerekre
- sugárzási viszonyok

Cél: fertőzés terjedésének lehetősége a világűrben,
túlélés lehetősége (kutyák, majmok, zöld növények, táplálék-
utánpótlás)

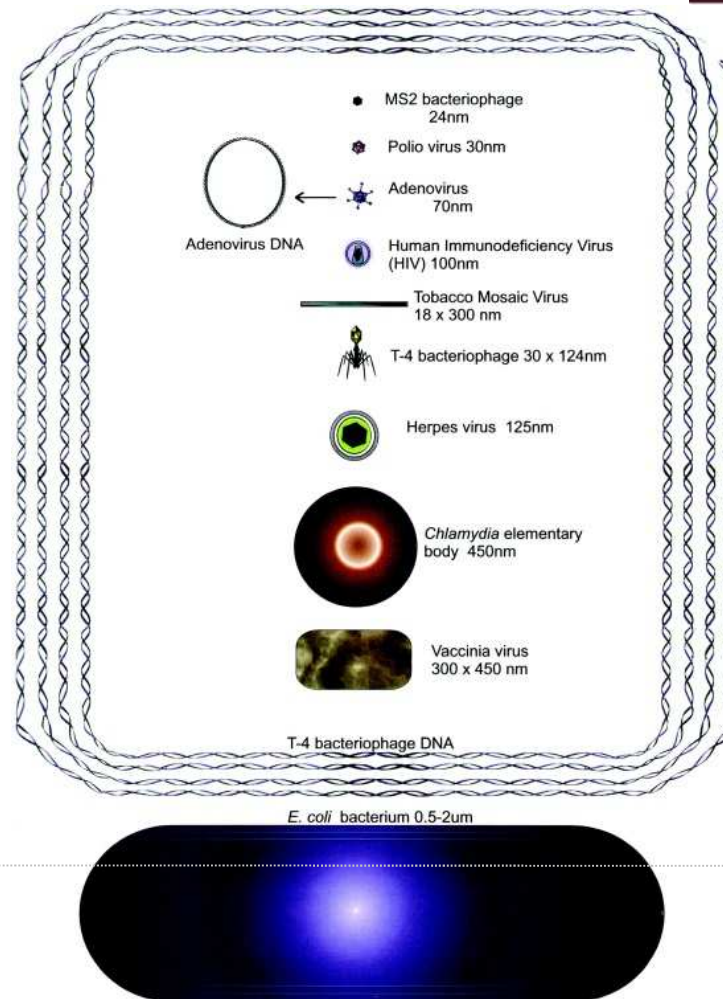
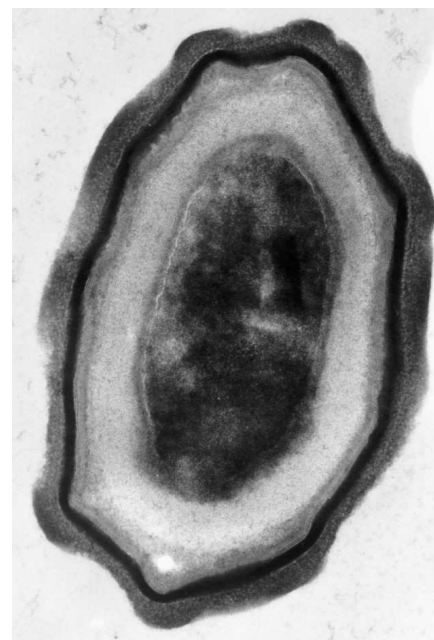
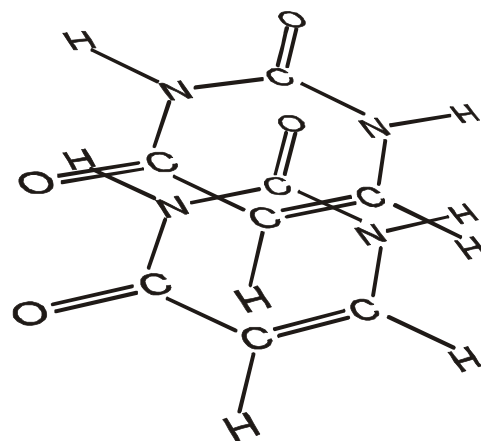
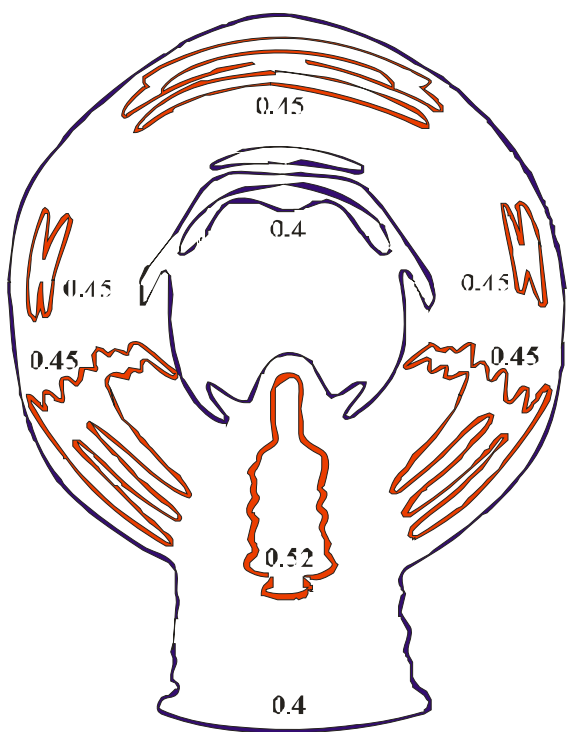


FIG. 1. Comparative sizes of select microorganisms and genomic DNA. [Figure courtesy of Reynolds, K.A. and Pepper, I.L. (2000) *Microorganisms in the environment*. Chapter 2, Figure 2.2, p 11, published in *Environmental Microbiology*, edited by R.M. Maier, I.L. Pepper, and C.P. Gerba, ISBN 0-12-497570-4, copyright Elsevier B.V.] Color graphics available online at www.liebertonline.com/ast

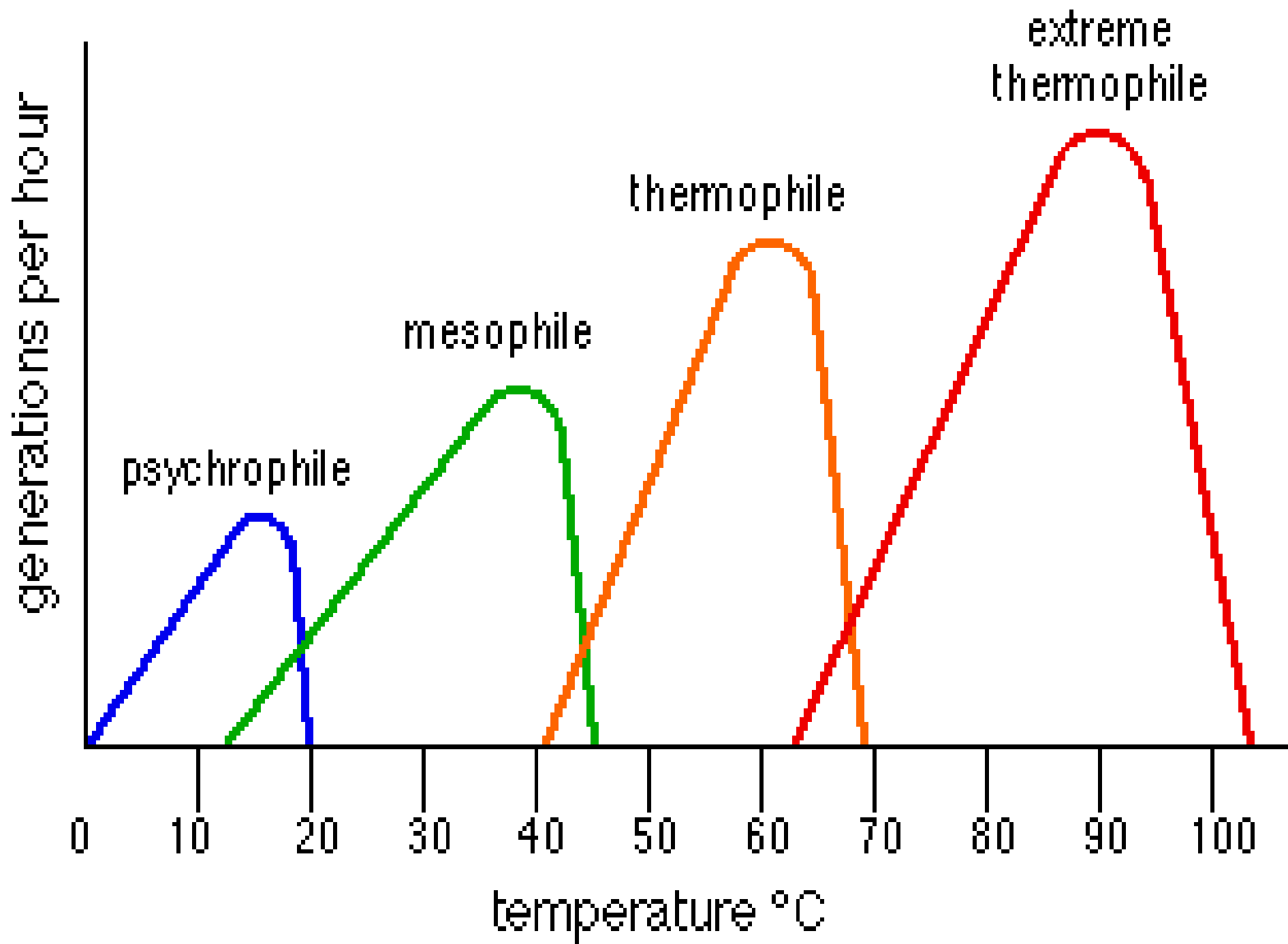
Egyszerű biológiai rendszerek: T7 bakteriofág, polikristályos uracil, B. subtilis spóra



Szimuláció
In situ vizsgálat

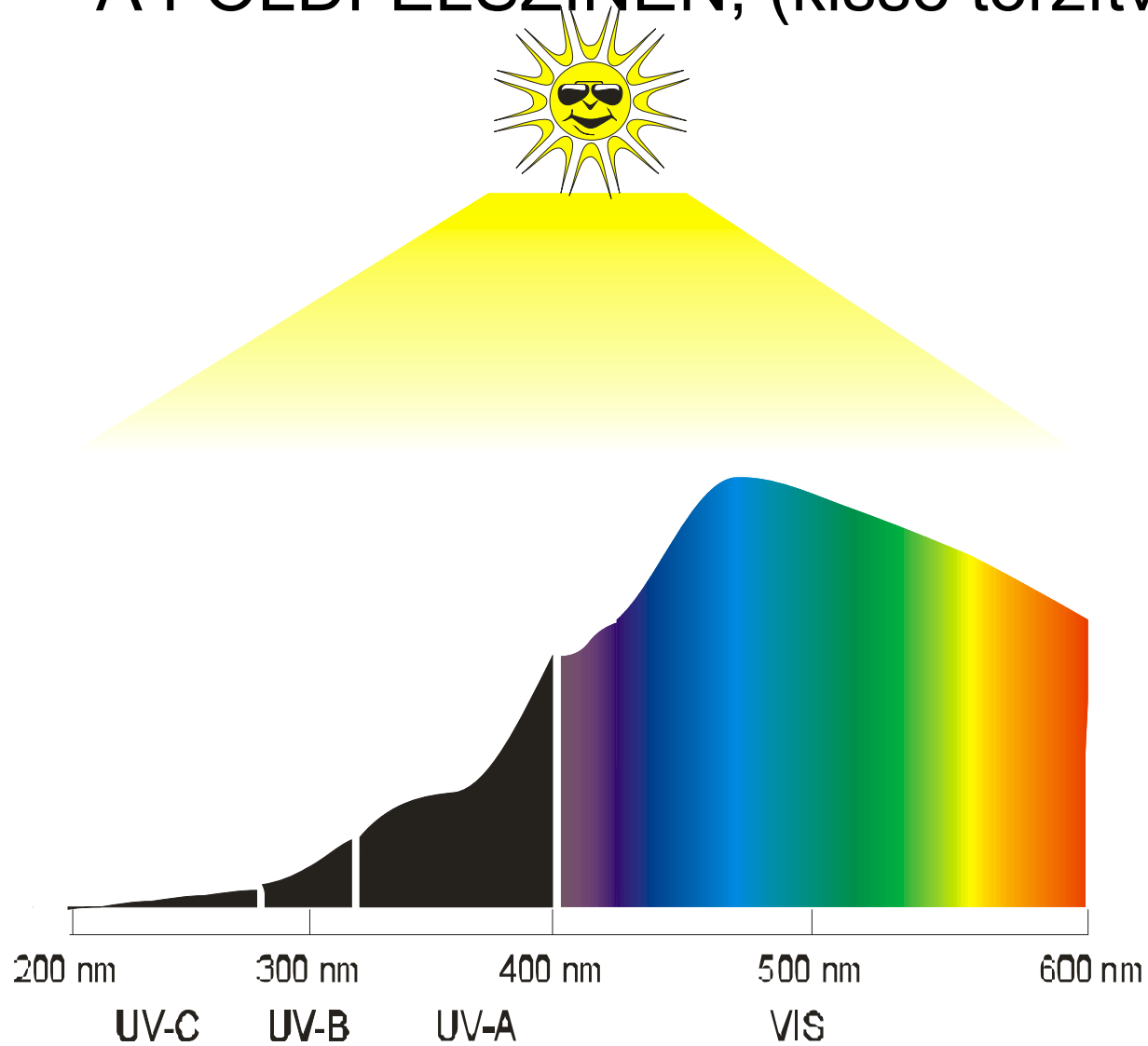
Néhány limitáló feltétel

Parameter	limitáló feltételek	organizmusok
víz	folyékony víz	
hőmérséklet *	-2°C minimum 50-80°C 80-130°C	Psychrophiles Thermophiles Hyperthermophiles
sókonc.	15-37.5 % NaCl	Halophiles
pH	0.7-4 8-12.5	Acidophiles Alkalophiles
Légköri nyomás	110 MPa-ig	Barophiles



NAPSPEKTRUM

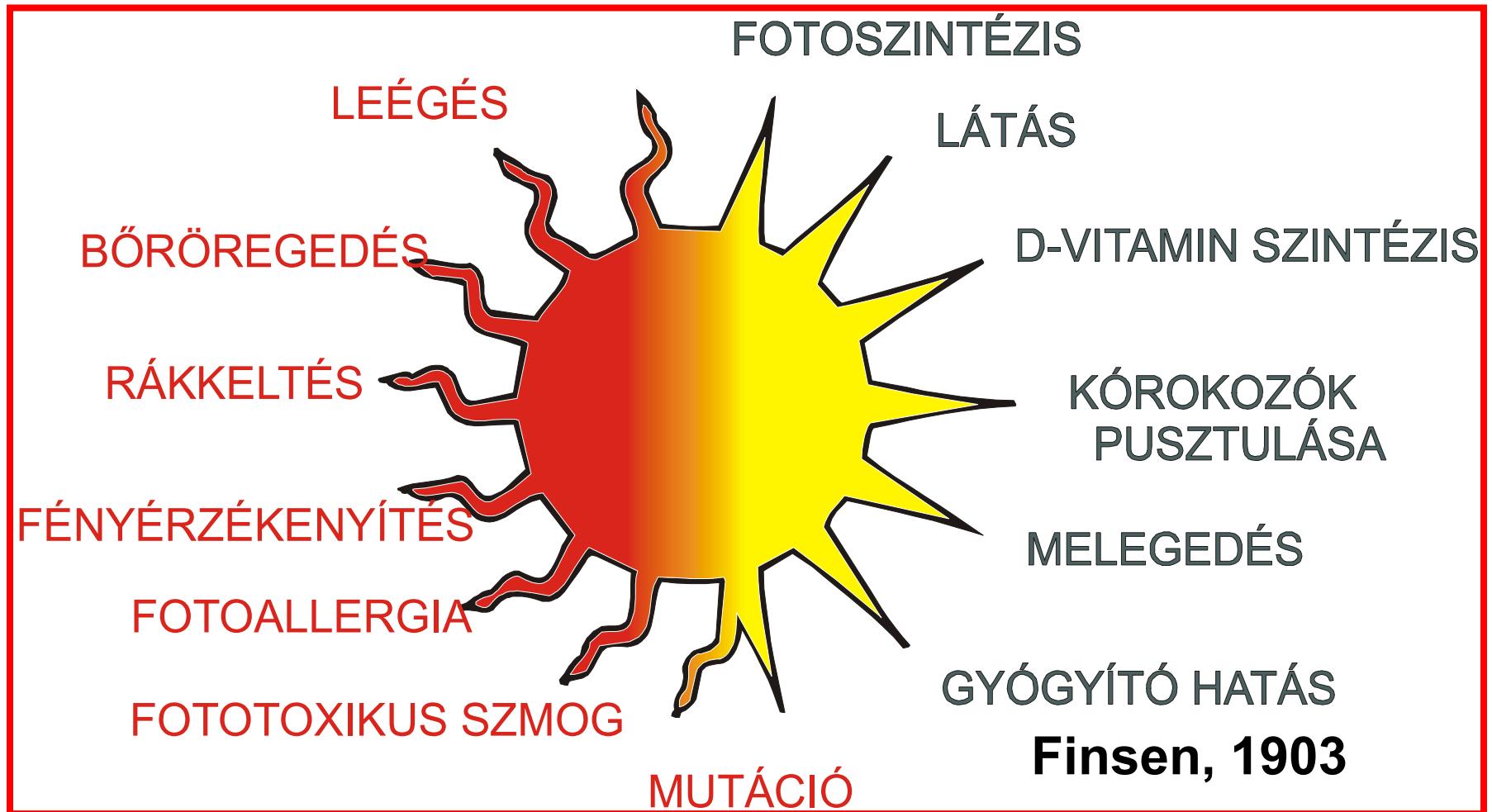
A FÖLDFELSZÍNEEN; (kissé torzítva)



A NAPSUGÁRZÁS SPEKTRÁLIS ELOSZLÁSA A LÉGKÖR FELSZÍNÉN

Tartomány	W/m²	A teljes sugárzás %-ban
UVC	6.4	0.5
UVB	21.1	1.5
UVA	85.7	6.3
Összes UV	113.2	8.3
VIS és IR	1254	91.7

A NAPSUGÁRZÁS JÓTÉKONY ÉS KÁROS HATÁSAI



Erythema solaris



Erythema solaris



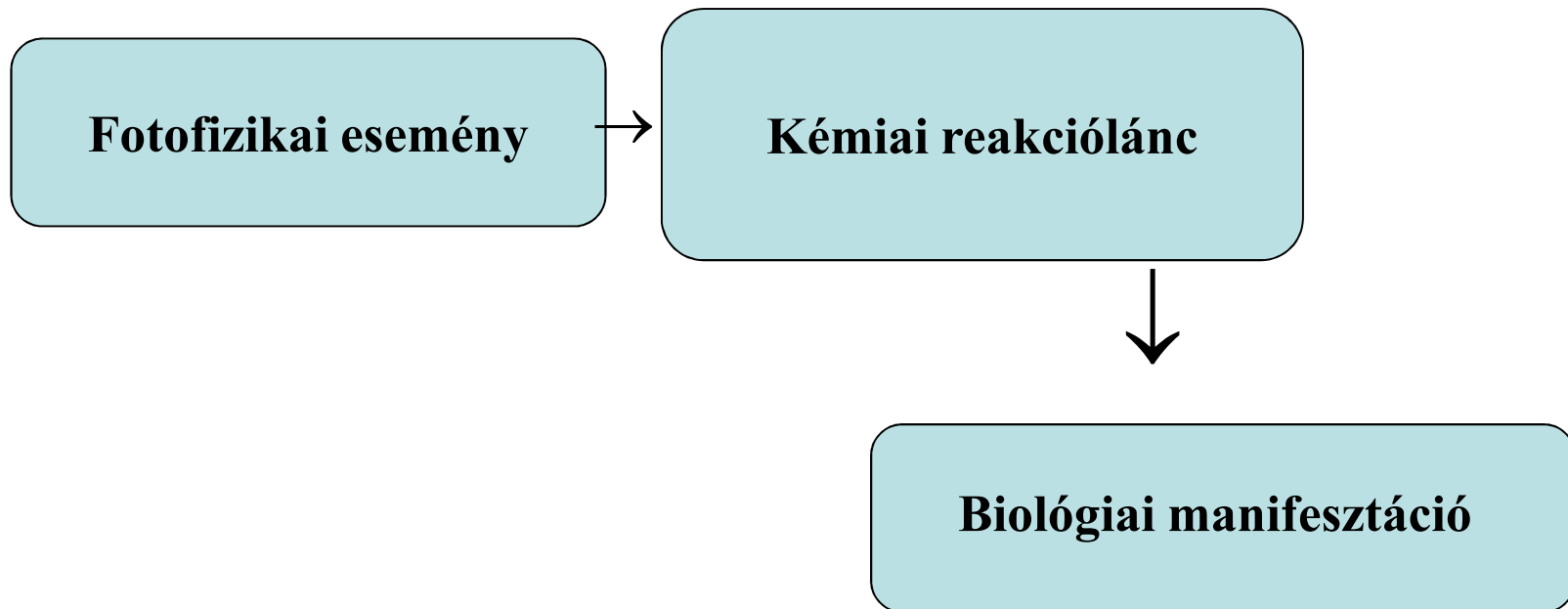
Bőrtípusok

	A bőrtípusok osztályozása	Bőrégés napozáskor	Barnulás napozás után
I.	Melanocom-	Mindig	sohasem
II.	promised	rendszeresen	néha
III.	Melanocom	néha	rendszeresen
IV.	-petent	sohasem	mindig
V.	Melano-	természetes	barna bőr
VI.	Protected	természetes	feketebőr

Megjegyzések a napozáshoz (természetes, mesterséges)

- I. és II. bőrtípus ne napozzék!
- A szmog erősen csökkenti az UV sugárzást (abszorpció, reflexió)
- A víz minősége befolyásolja a nap (barnulás) hatékonyságát
- de: reflexió a vízfelületről

Fotobiológiai károsodás reakciósémája



A sérülés molekuláris mechanizmusa

Az élő rendszerek fő összetevői:

- Nukleinsav
- Fehérje
- Membrán (lipid)

Mindegyik sérülhet, azonban az esszenciális alkotórész (a legfontosabb target) **nukleinsav**;
ribonukleinsav (RNS)
dezoxiribonukleinsav (DNS)

Fotofizikai esemény 1.

Csak az **elnyelt** energia vált ki hatást

- **Endogén kromoforok:**

DNS, RNS (nukleinsav bázisok: pl. adenin, citozin, timin, uracil, guanin)

porfirinek,

melanin,

bizonyos aminosavak (pl. tirozin, triptofán)

- **Exogén kromoforok:**

pszoralének,

fotoszenzibilizáló gyógyszerek, vegyszerek

Fotofizikai esemény 2.

UV foton elnyelése nukleoproteidben Abszorpciós spektrum

abszorpciós/reflexiós
viszonyok

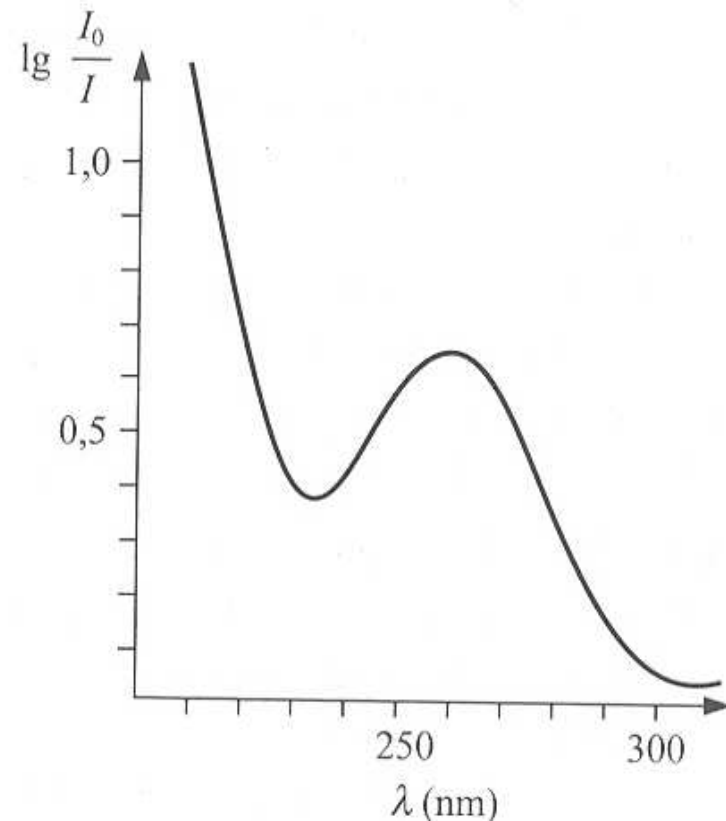
$$I = I_0 e^{-\mu(\lambda)x}$$

$$\lg(I_0/I) \equiv \text{OD}$$

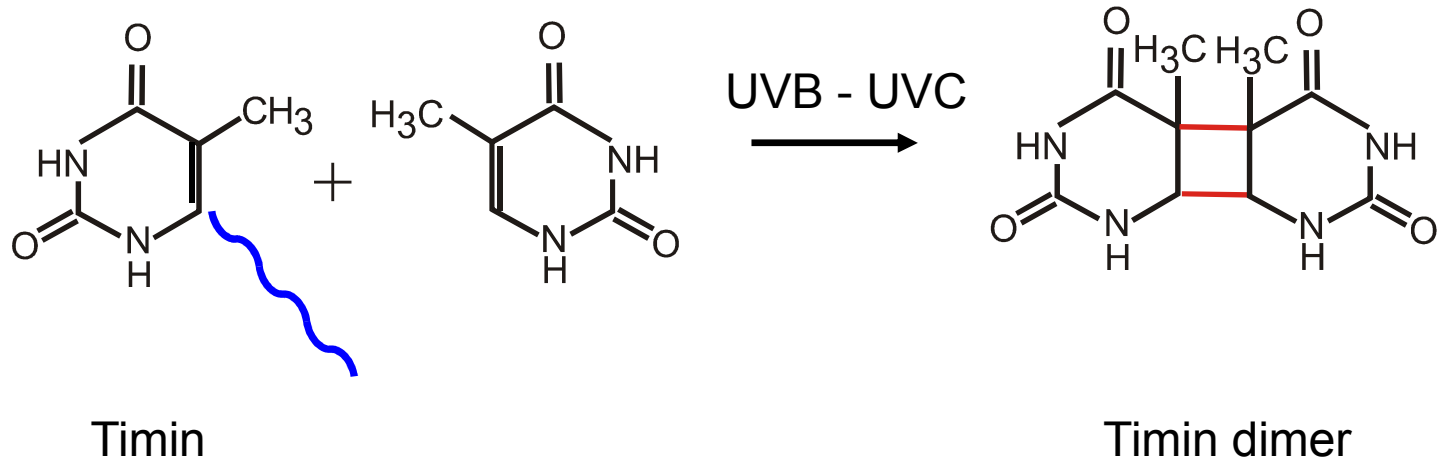
OD(λ) ábrázolása:

Abszorpciós spektrum

pirimidin/purin
bázisok

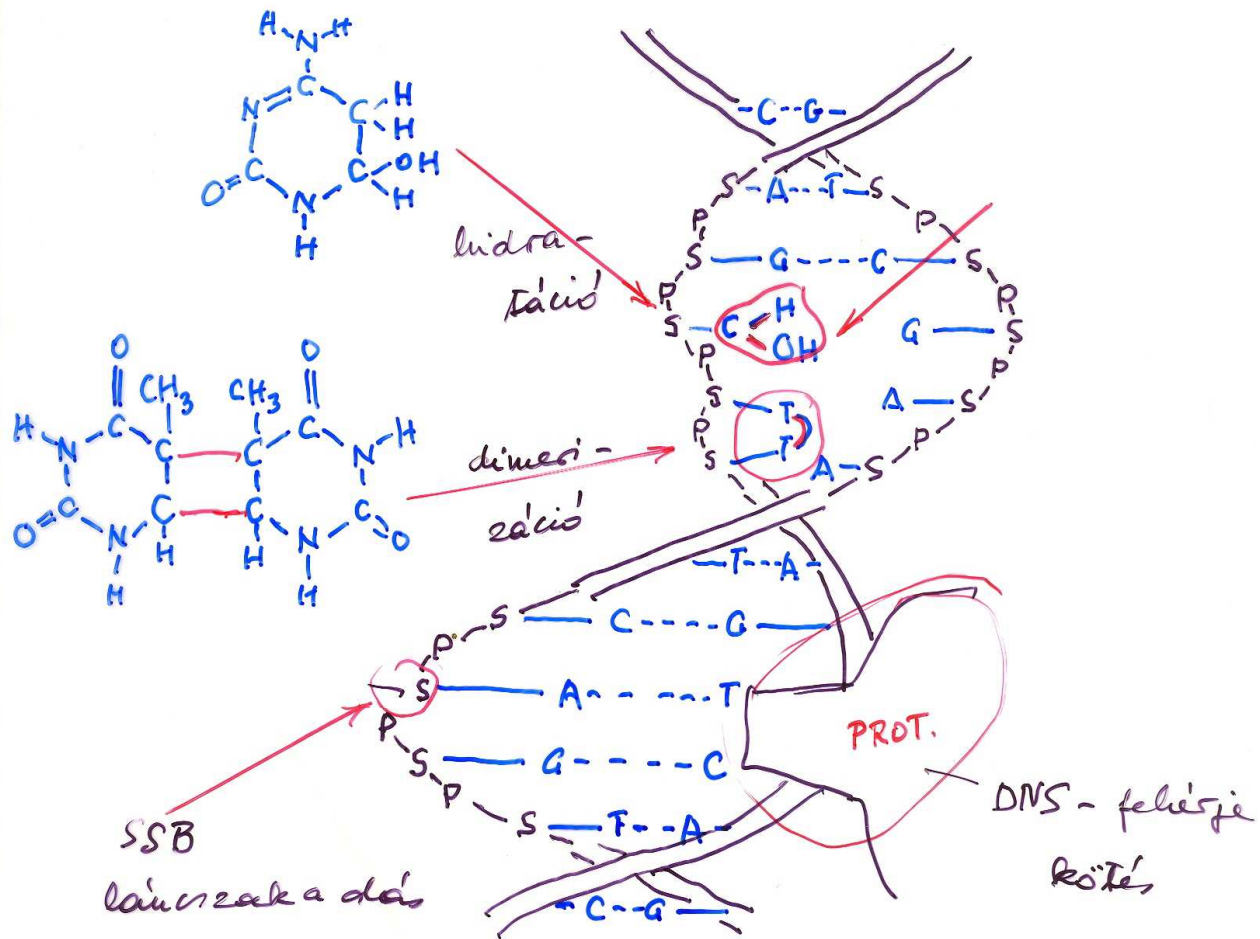


A LEGGYAKORIBB DNS SÉRÜLÉS: FOTODIMERIZÁCIÓ

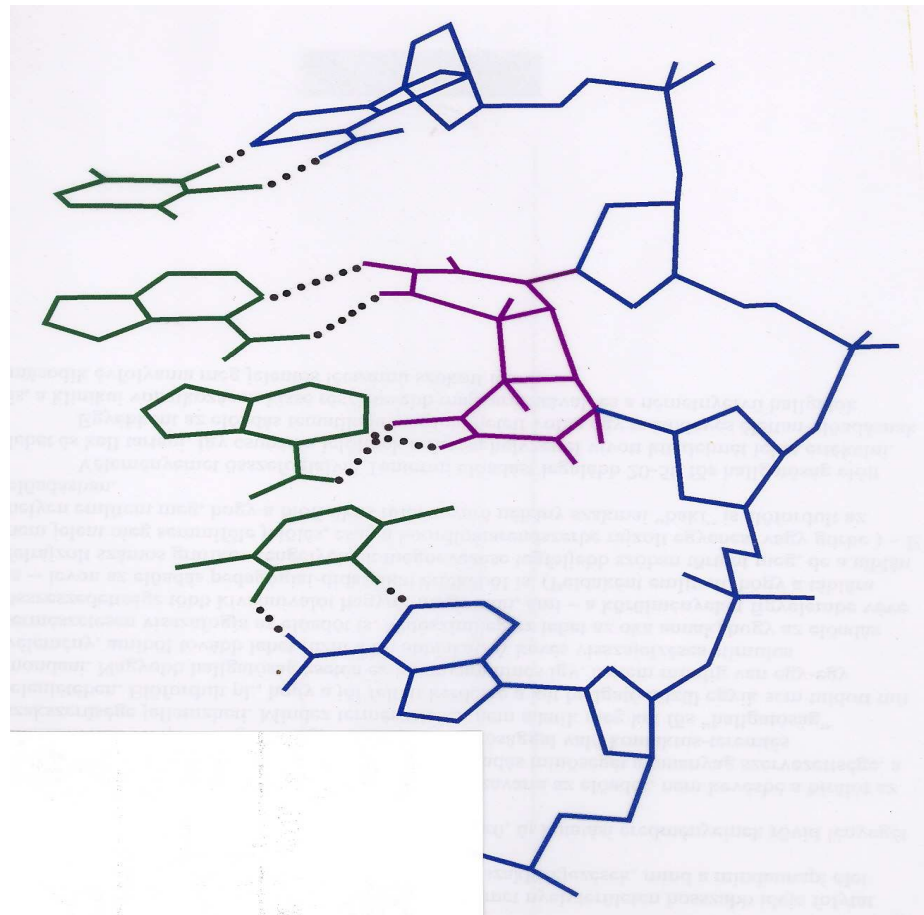


**Cikloaddíció - pirimidin dimerek kialakulása
a DNS-ben**

DNS és fehérje sérülések



Polinukleotid lánc torzulása



KÖVETKEZMÉNY: BIOLÓGIAI HATÁS

FÜGG:

- Biológiai rendszertől (hatásspektrum)
 - DNS-tartalom, egyéb kromofórok
- UV sugárforrástól (emissziós spektrum)
 - vonalas, folytonos – spektrális összetétel
 - beeső energia/energiasűrűség

A Biológiailag Hatékony Dózis (BED; H)

$$H_{\text{eff}} = \sum \sum E(\lambda, t) S(\lambda) \Delta \lambda \Delta t,$$

E besugárzott teljesítmény, [W/m².nm],

S relatív érzékenység; dimenziómentes,

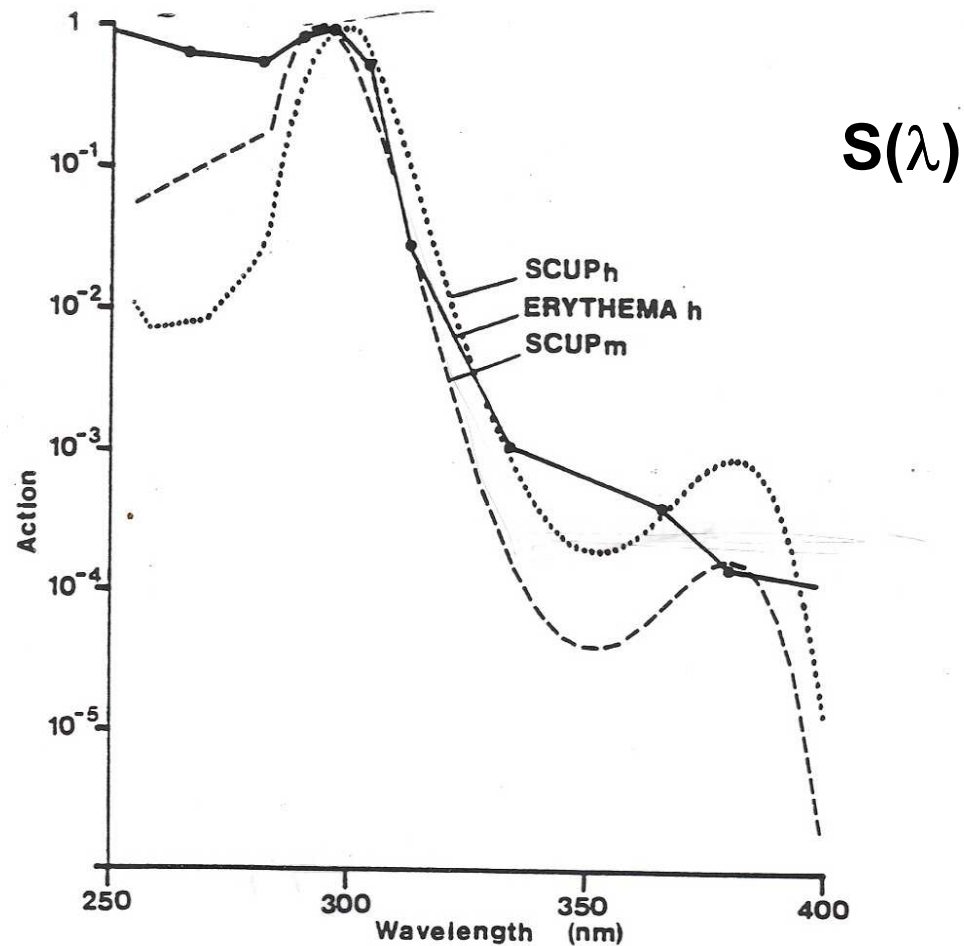
Mindenegyed hullámhossznál, mindenegyed időpontban a besugárzott teljesítményt **súlyozzuk** a relatív érzékenységgel, és ezeket a szorzatokat **összegezzük** idő és hullámhossz szerint

EGYSÉG: (J/m²)_{rel}

A normálás hullámhosszán ekkora beeső energiasűrűség okozná a kérdéses biológiai hatást

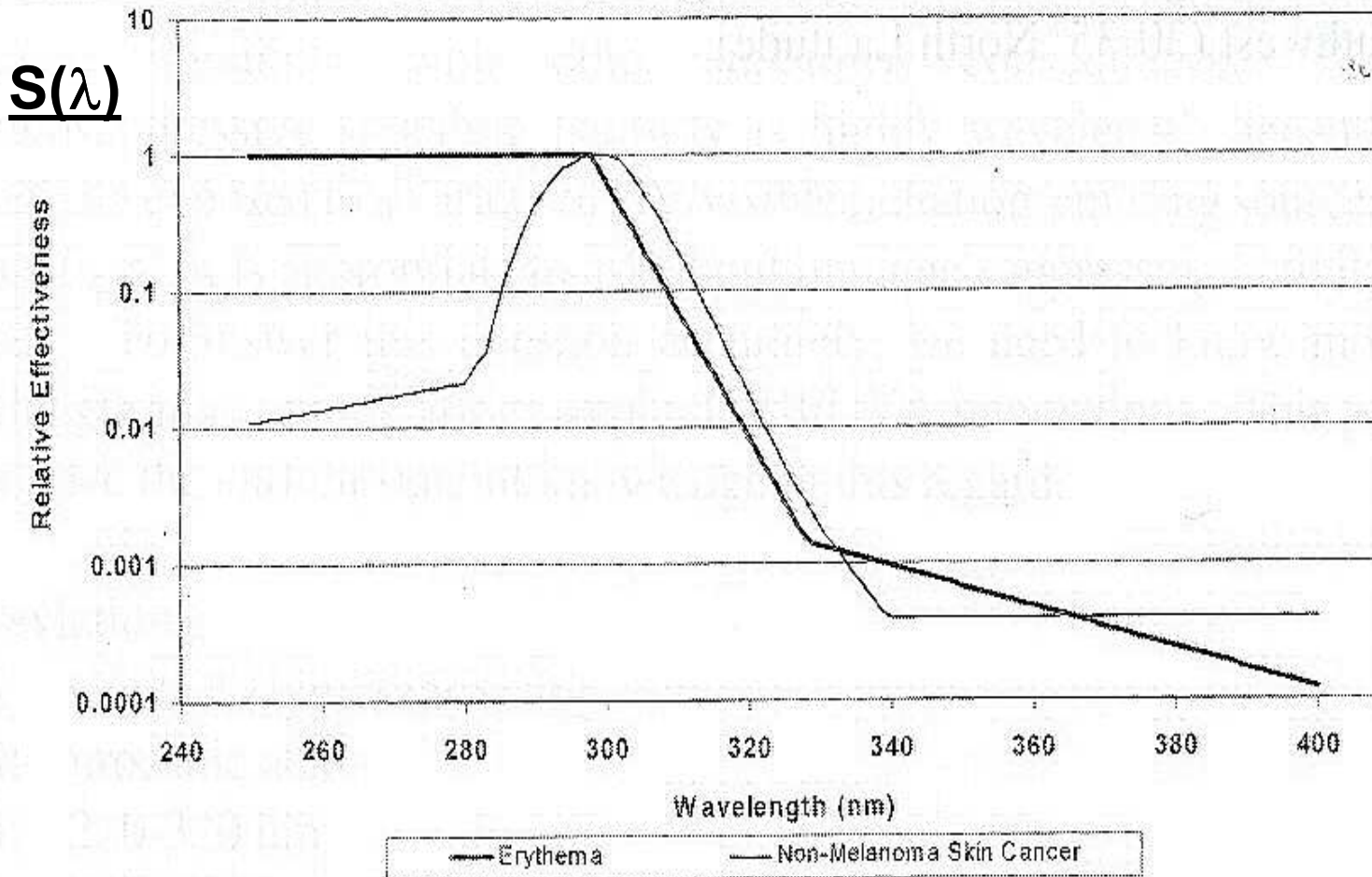
Nevezetes hatásspektrumok

(Erythema, egér és humán bőrtumor)



STANDARDIZÁLT HATÁSSPEKTRUMOK:

erythema, bőrtumor (CIE szerint)



Az erythema megelőzése: UV index (UVI) előrejelzés

DEFINÍCIÓ:

$$I_{UV} = k_{er} \sum E(\lambda) S_{er}(\lambda) \Delta\lambda,$$

ahol $E(\lambda)$ a besugárzott teljesítmény,

$S_{er}(\lambda)$ a CIE definíció szerinti

spektrális érzékenység

$k_{er} = 40 \text{ m}^2/\text{W}$ alkalmas konstans

AZ UV INDEX JELENTÉSE

UV TERHELÉS

- enyhe
- közepes
- nagy
- igen nagy
- extrém

UV INDEX ÉRTÉKEK

- ~ 2
- 3—5
- 6—7
- 8—10
- 11+

UVB tartomány szerepe!

Az UVB sugárzás egészségi hatásai (WHO) (2)

- 10% ózoncsökkenés hatására várható esetszám-növekedés:(kockázatbecslés)

bőrtumor + 300 ezer/év

melanoma + 4-5 ezer /év

katarakta +1.6 millió/év

⇒ A légkör összetétele fontos az élet fennmaradása szempontjából!

TUAREG öltözéke: Védekezés a nap káros hatása ellen



Mérés/becslés

- Alkalmas anyag (pl. Nukleinsav, vagy alkotórésze)
- UV fotonok által kiváltott, kimutatható/mérhető változás kiváltása
- Dózis—hatás reláció kimutatása

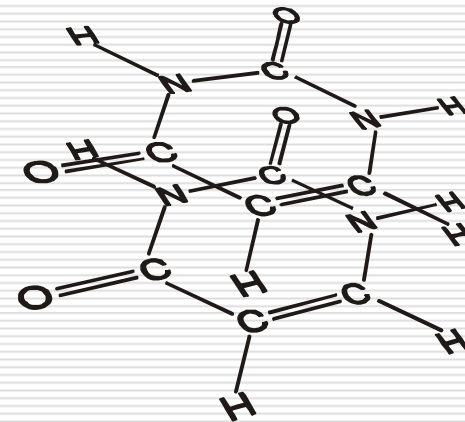
A polikristályos uracil:modellanyag

Fő fotoproduktum:

Ciklobután pirimidin dimér
(CPD)

Kimutatás/mérés:

- Spektrofotometria
 - NMR
 - Tömeg
spektrometria
 - kromatográfia
 - FTIR
-



Details of specific sample holder (designed in RGB)

From left to right the parts of the sample holder are:

- Sample case of stainless steel
- quartz or Ca/Mg Fluoride window depending on the type of the experiment,
- uracil/bacteriophage T7 thin layer
- Viton ring
- quartz window
- upper part of the sample case of stainless steel



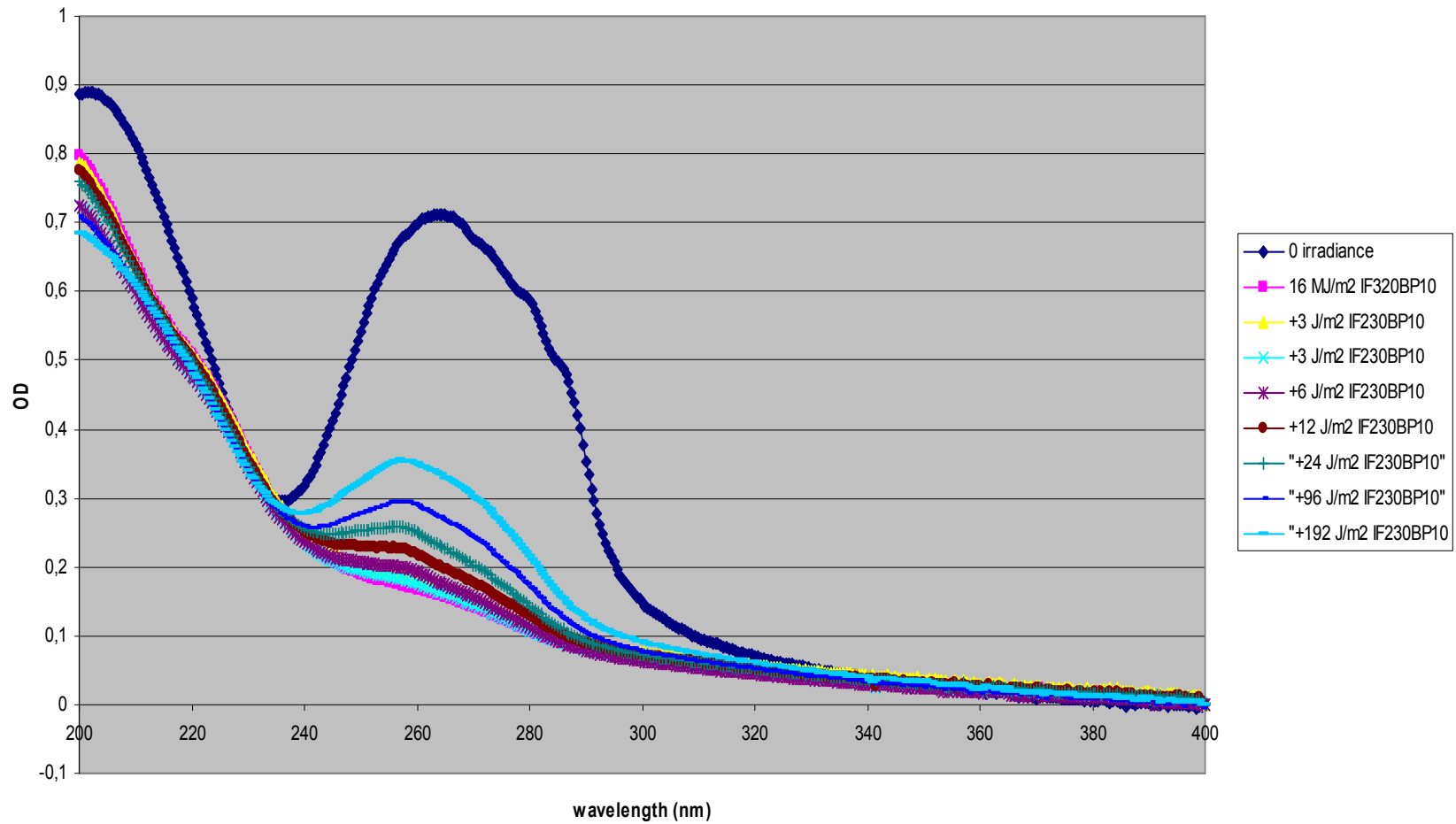
Kísérleti eljárás

- Uracil vékonyréteg besugárzás (320 nm), $16\text{MJ/m}^2 \Rightarrow$ abszorpciós spektroszkópia: maximum lecsökken \Leftarrow dimerizáció (felhasználás: biológiai UV dozimetria a Föld felszínén)
- Ismételt besugárzás (230 nm) \Rightarrow abszorpciós max. a dózistól függően kinő \Rightarrow a dimérek egy része visszaalakul a rövid hullámhosszak hatására
- \Rightarrow **UVC tartomány szerepe az űrbéli életfeltételek kialakításában + űrbéli UV dozimetria**

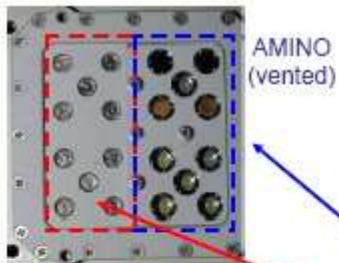
Kísérleti eljárás (szimulációs kísérlet)

- **Uracil/NS/nukleoprot.** vékonyréteg besugárzás (320 nm), $16\text{MJ/m}^2 \Rightarrow$ **abszorpciós spektroszkópia:** maximum csökken \Leftarrow dimerizáció (felhasználás: biológiai UV dozimetria a Föld felszínén és **a magas légkörben**)
- Ismételt besugárzás (230 nm) \Rightarrow abszorpciós max. a dózistól függően kinő \Rightarrow a dimérek egy része visszaalakul a rövid hullámhosszak hatására
- \Rightarrow **UVC tartomány szerepe az űrbéli életfeltételek kialakításában + űrbéli UV dozimetria**

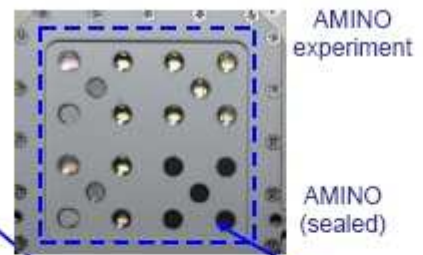
Dimérek és a reverzió (230 nm)







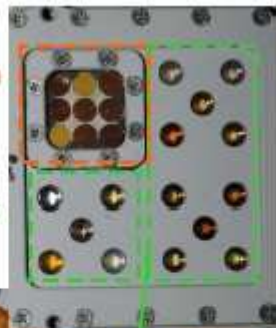
AMINO (vented)



AMINO experiment

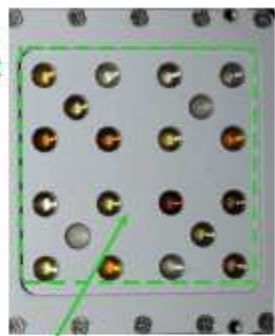
AMINO (sealed)

SEEDS (coop. with AMINO)

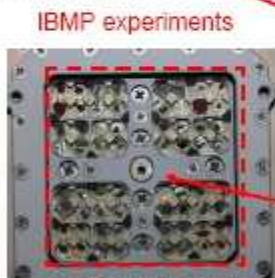


ORGANIC (sealed)

ORGANIC experiment



ORGANIC (vented)

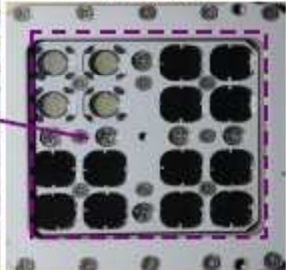


IBMP experiments

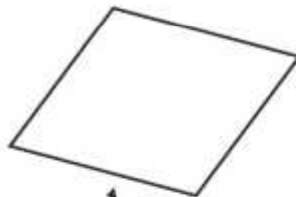
IBMP experiments



PUR (ROSE-8) experiment



ENDO / OSMO / SPORES / PHOTO / SUBTIL experiments



R3D (out of picture)

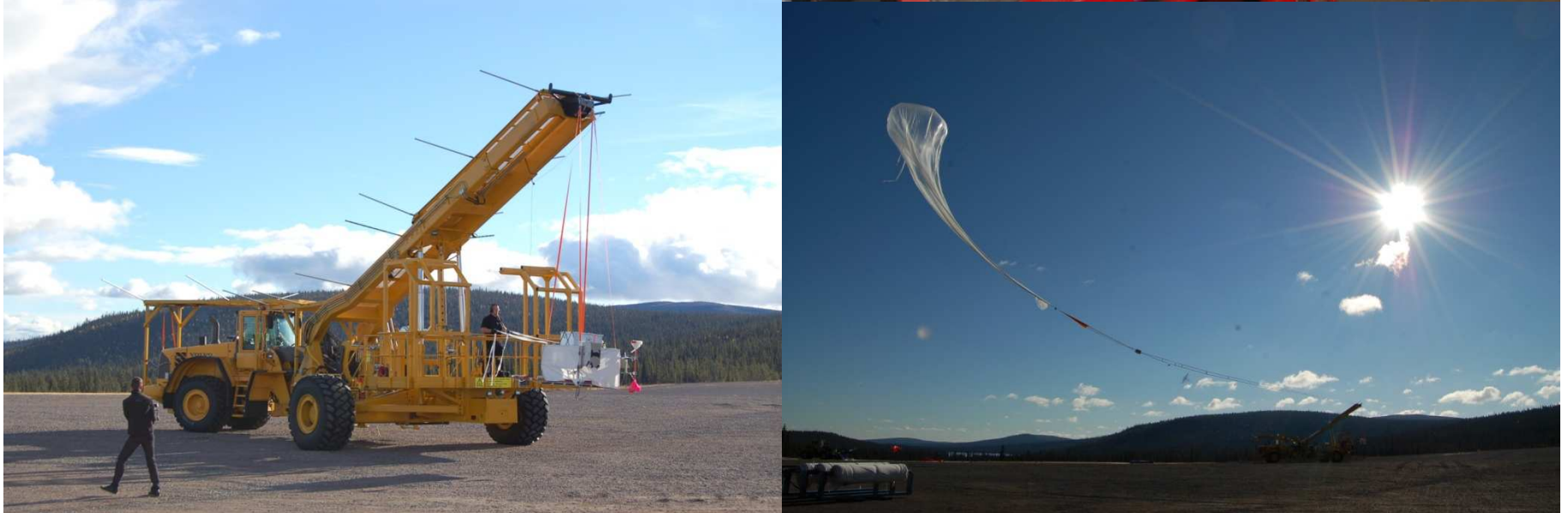
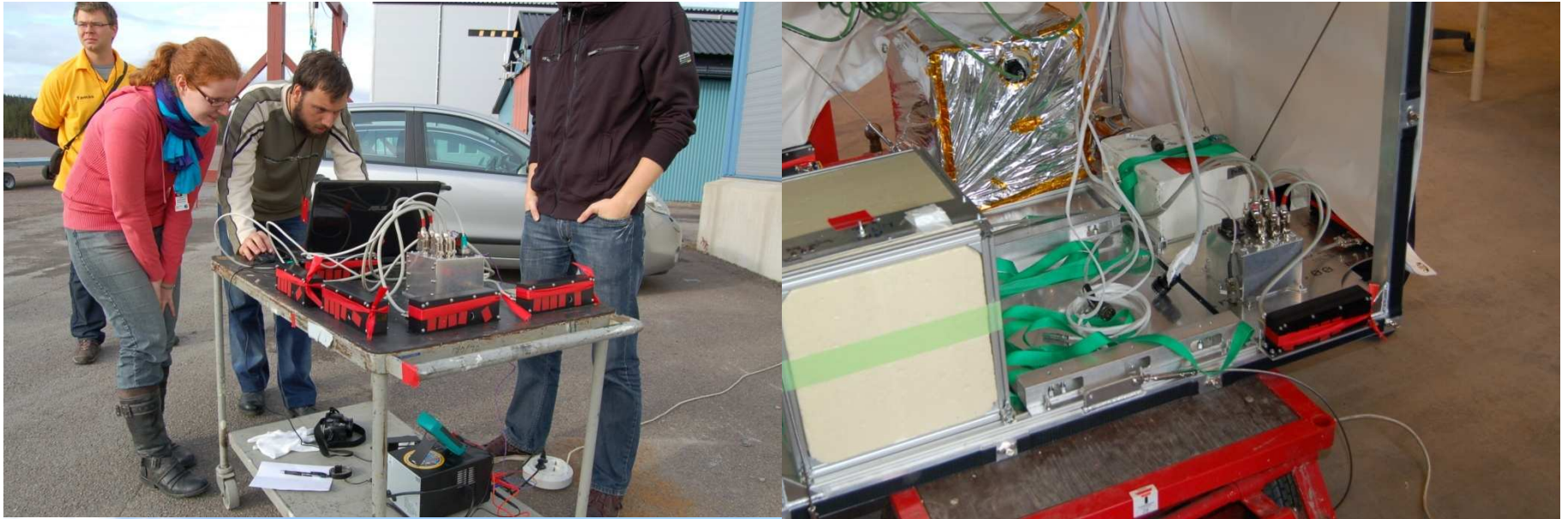


ENDO / SPORES experiments





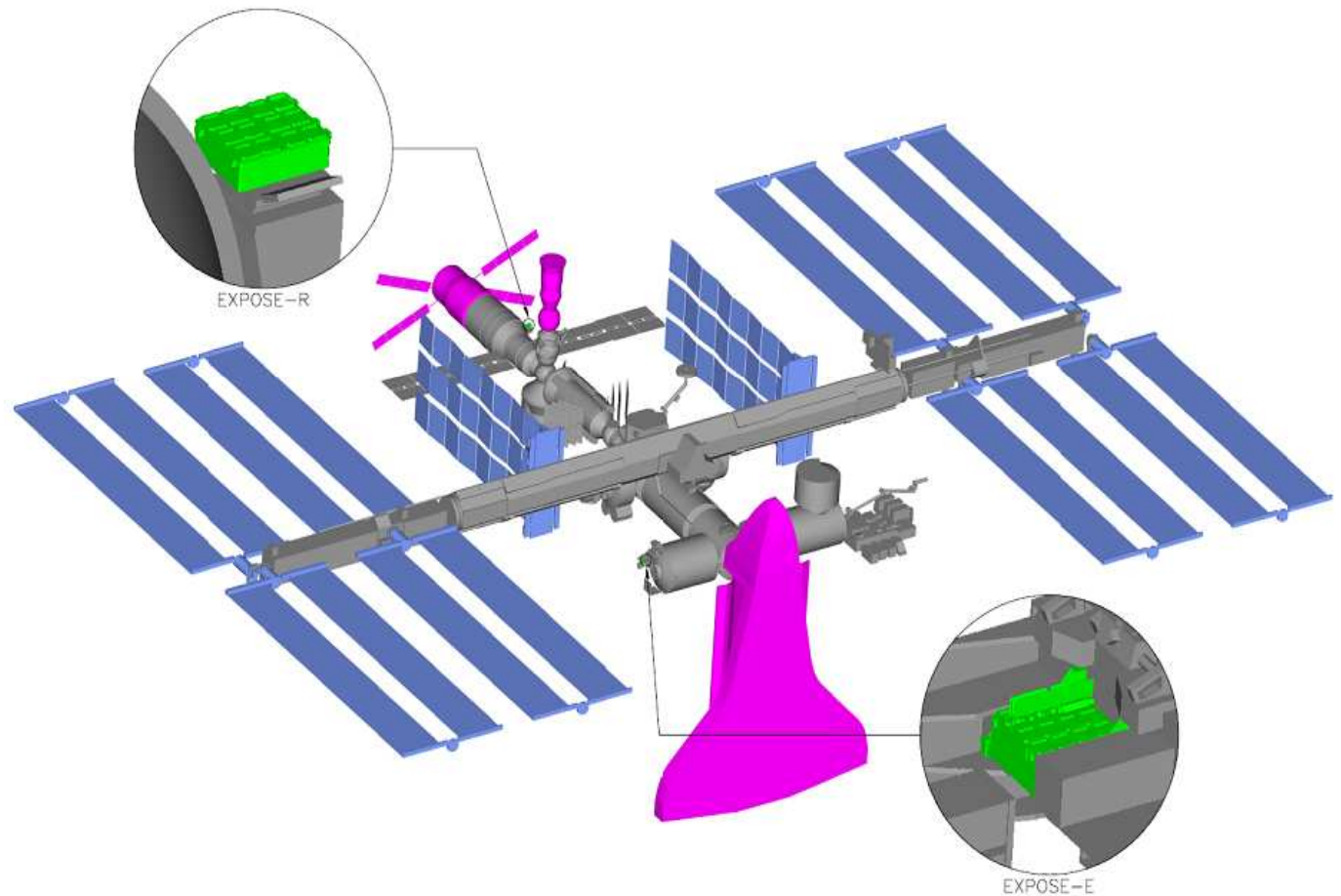
Launch Campaign





ISS 3D modell

- Grey:
fixed elements, i.e.
non-moving parts of
the ISS
- Blue:
moving elements of
the ISS
- Pink:
docking spaceships
- Green:
Expose (-E and -R)



Kísérleti stratégia (1) EXPOSE-R

Expose-R berendezésen: 2 évig, 2687 óra
besug.16000MJ/m² (RedShiftBVBA)

- Sötét kontroll: 16 minta
(8 uracil + 8 fág)
- Besugárzott repülő minták: 16 minta
(8 uracil + 8 fág)

Mission Ground Reference minták (DLR, Köln)

- Sötét kontroll: 16 minta
- Besugárzott kontroll: 16 minta

Kísérleti stratégia (2) EXPOSE-R

Cél: dózis-hatás reláció meghatározása

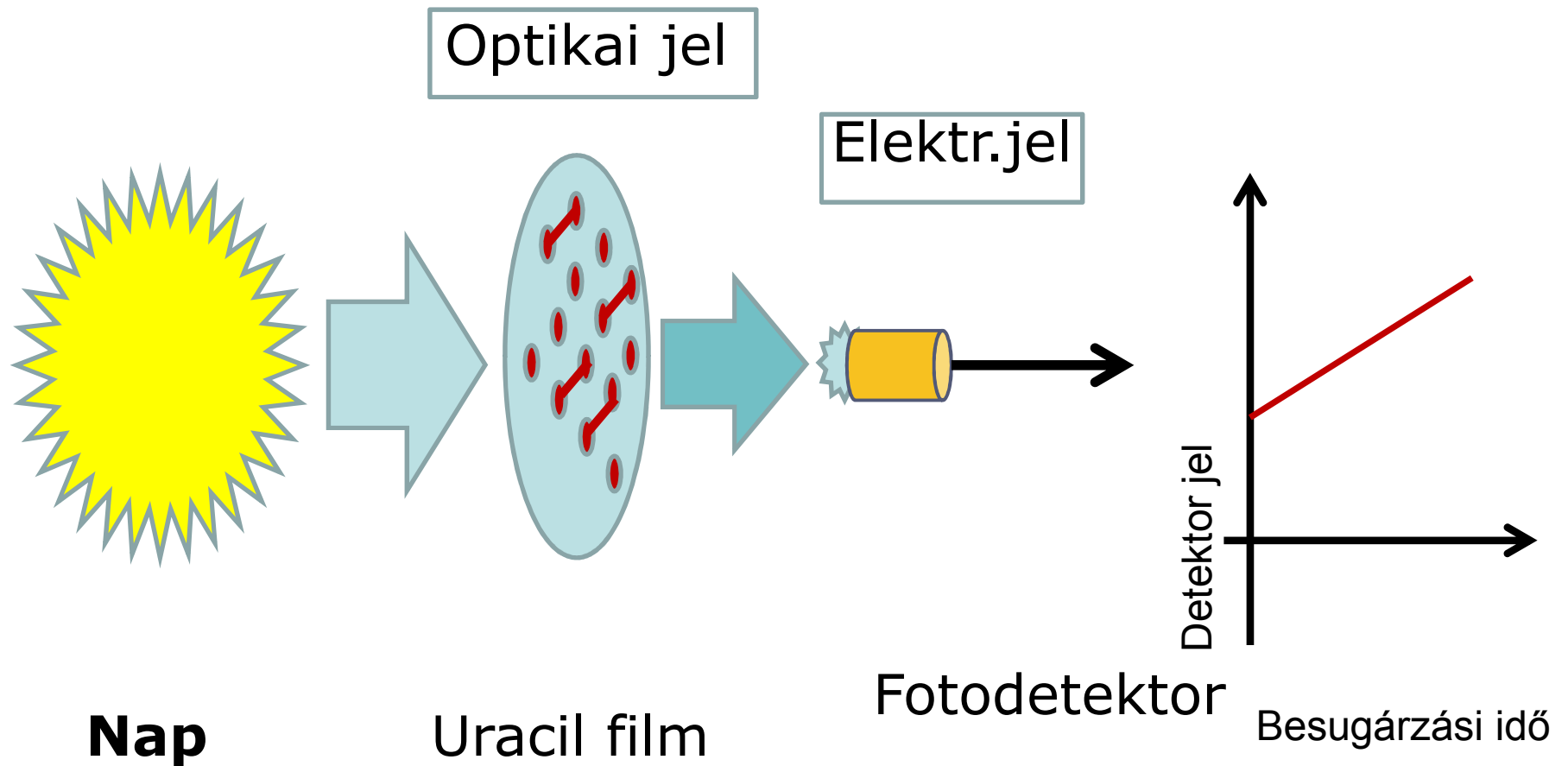
Probléma: a minták viselkedése a várhatóan nagy dózisok hatására

Megoldás: neutrális szűrők alkalmazása;
(4×1/4)

$T = 100\%$, $T = 1\%$, $T = 0.01\%$, $T = 0.0001\%$

IN Situ MÉRÉS +ÉRTÉKELÉS

felhasználás: ISS-en, BIODOS/Daemon kísérleteknél



Ballonkísérlet

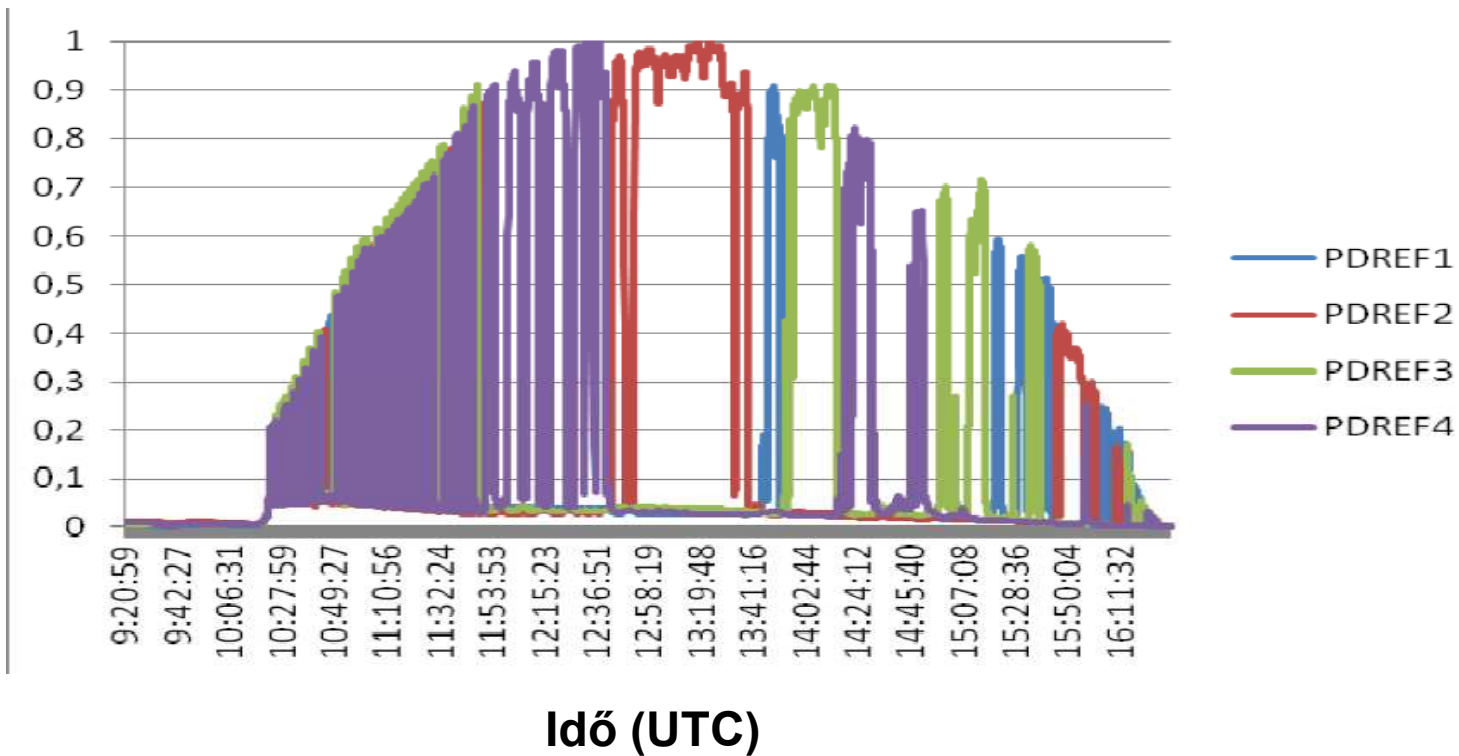
A ballon délelőtt 10 óra után indult, és 6 órán keresztül tartózkodott fenn; magassága elérte a 26 km-t

Cél volt:

- Az UV sugárzás folyamatos mérése, az adatok rögzítése, továbbítása a földi információs állomás felé
- Az UV sugárzás intenzitása és a földfelszíni magasság közti kapcsolat kimutatása
- Az UV expozíció dinamikájának meghatározása

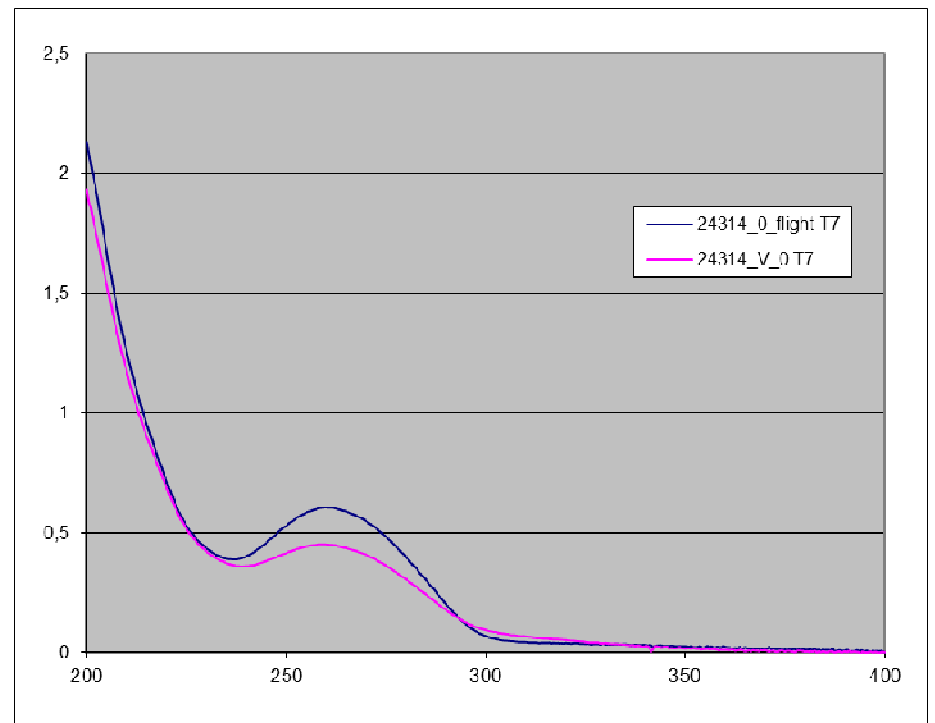
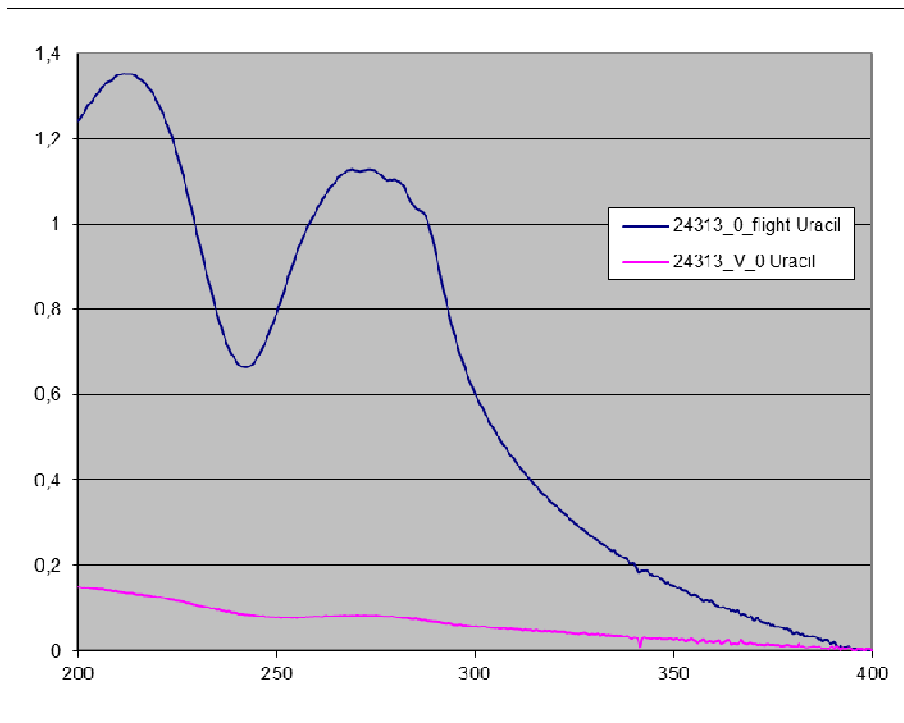
Mérési eredmény

Relatív sugárzási intenzitás



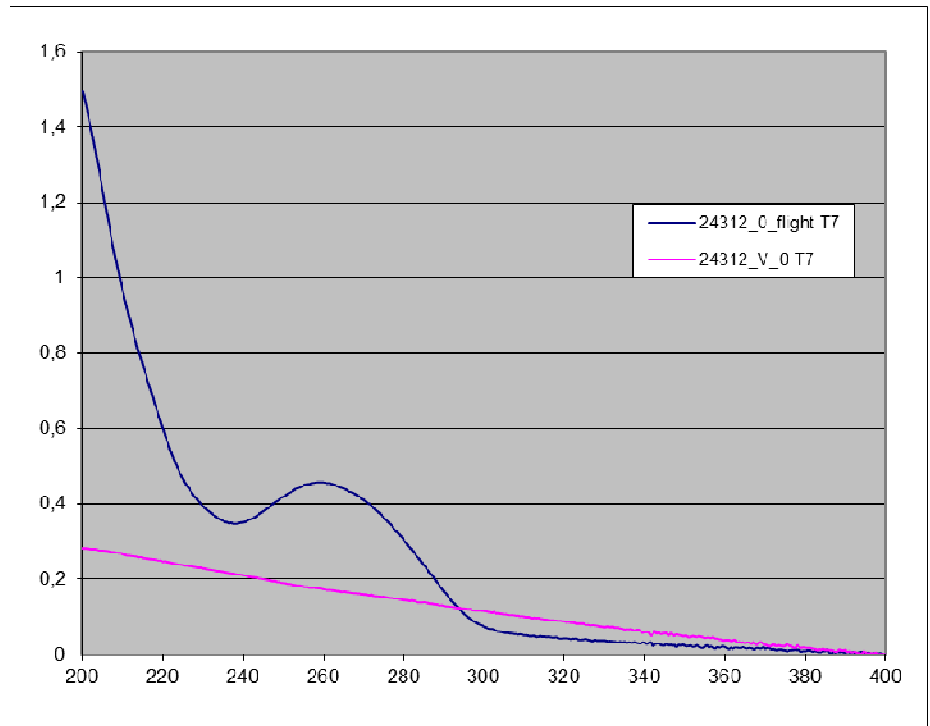
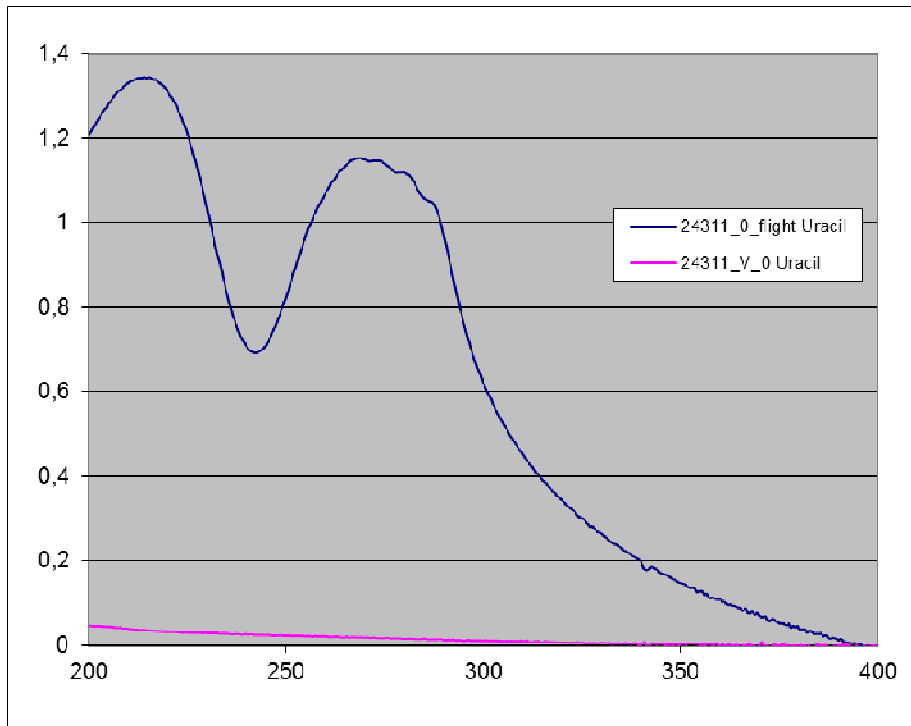
1% UV flight Samples

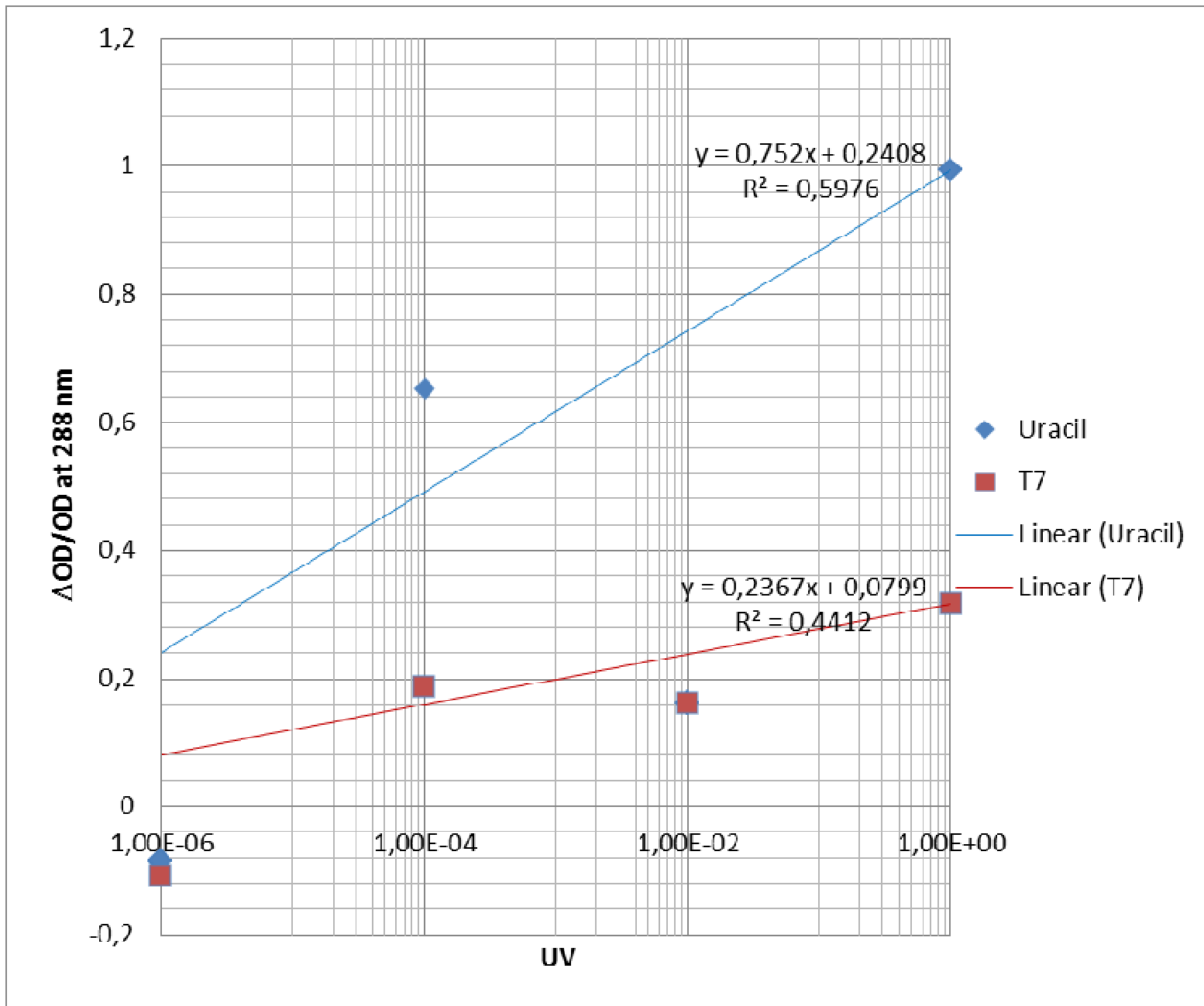
Absorbance vs. Wavelength (nm)



100% UV flight Samples

Absorbance vs. Wavelength (nm)





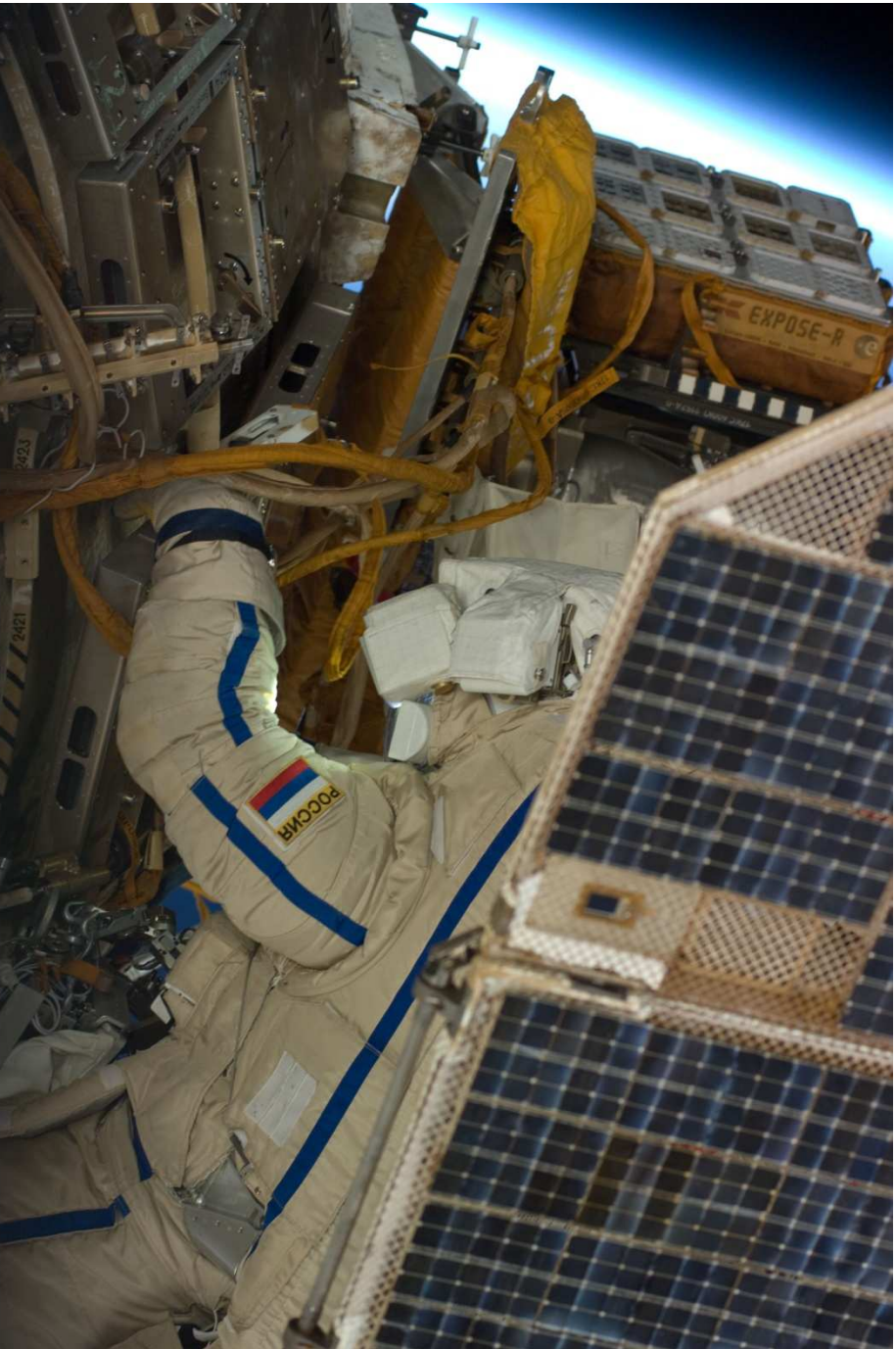


ISS025E015279



ISS025E015278

ISS025E015289



ISS025E015290



Vizsgakérdések

- Az elektromágneses sugárzás optikai tartományának részei, fontosabb biológiai hatások
- Mi az asztrobiológia vizsgálódási területe?
- Milyen környezeti feltételek mellett lehet életjelenségeket feltételezni?
- Mi a hatásspektrum, és mi a szerepe?