

VÁLOGATOTT TÉMAKÖRÖK

Nem-termikus aktiválás:

- elektrokémia (*dinamikus elektrokémia*),
- fotokémia*
- sugárhatáskémia*
- mikrohullámú kémia*
- magnetokémia*
- szonokémia**
- mechanokémia, tribokémia

* Állandó sugárözönben, egy **sugárszférában** élünk: vannak természetes és mesterséges sugárzások, ezek között pedig hasznos és veszélyes sugárzások.

1

Sugárzások típusai:

- **elektromágneses hullámok (Maxwell):**
energia terjedése elektromágneses térben – kvantáltan, $h\nu$ energiájú fotonok formájában
- **korpuszkuláris sugárzás:** nem 0 nyugalmi tömegű részecskék, pl. α , β , n, ion, ... (gyors) mozgása – ez a mozgás nem kvantált

mindkét típus nagy (relativisztikus) sebességgel terjed

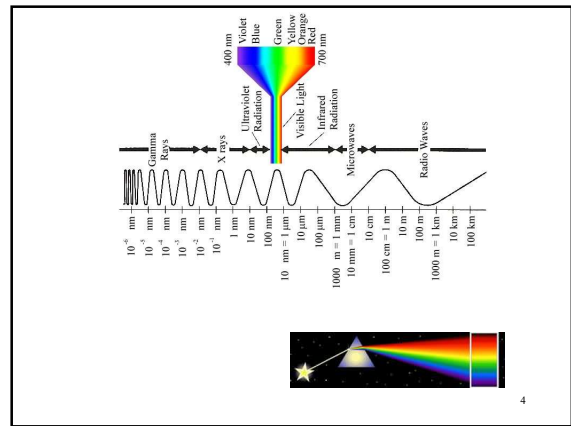
- [mechanikai hullámok: a közeg hordozza (pl. víz, hang-, lökéshullám, földrengés, ...) ezek nem sugárzások, ezek „csak” hullámok]. Ezek is okozhatnak kémiai változást!

2

A sugárzások jellemzői:

- **sugárintenzitás:** a fotonok/részecskék száma (időben és térben) a sugárnyalábban (fluxus) (példák: fényforrások, radioaktivitás, lézer stb.)
- **energia,** az egyes fotonoké/részecskéké
 - fotoné: $E = h\nu$ ($n\hbar!$) [c fénysebességgel]
 - részecskéé: $E = \frac{1}{2}mv^2$ ($v \ll c_{fény}$)
- **spektrum:** a részecskeszám megoszlása energia (hullámhossz, hullámszám) szerint
 - **vonalas:** diszkrét energiaértékek (H, γ , stb.)
 - **sávós:** egymásra „összemosódó” vonalak (UV)
 - **folytonos:** „mindenféle” energiájú rész van, de jellegzetes eloszlással (feketetest sugárzás)

3



4

Az elektromágneses sugárzás tartományai

kHz	MHz	GHz	mm	nm	keV	MeV
10 ⁵	10 ⁶	10 ⁹	10 ³	10 ⁹	10 ²	10 ⁶
AM Radio	Short wave radio	Television FM radio	Microwaves radar	Millimeter waves, telemetry	Infrared	Visible light
10 ¹⁵	10 ¹⁶	10 ¹⁷	10 ¹²	10 ¹⁰	10 ¹⁵	10 ¹⁸
Low frequency	Long wavelength	Low quantum energy			High frequency	Short wavelength
						High quantum energy

5

A FOTONOK (és elemi részecskék) „SORSA”

A fény (fotonsugár és elektromágneses rezgés), ill, részben az *elemi részecskék nyalábja* új közeghez érve részben **és/vagy** egészében

- visszaverődik (elhajlik)** (sík-, parabolatükörön, résen, kristályrácson stb.) [pl. a Röntgen-diffrakció, elektron-diffrakció];
- áthalad** (pl. planparallel lemezen beesési szögtől függően törik, lencsén képet alkot stb.);
- elnyelődik** (ennek következtében maradandó kémiai változásokat is okoz)

6

1. Visszaverődés

- **fizikai (optikai):** sík és parabola tükrök képképzése
- **elhajlás (diffrakció):** hullám (azaz nem részecske) tulajdonság
 - **foton** (eleve hullámként értelmezzük) – Röntgen-diffrakció kristályrácsan; résen
 - **elektron, neutron, α rész:** részecske, de ebben a kölcsönhatásban hullámként viselkedik (ϵ , n -diffrakció, Rutherford-féle α -szórás)

7

7

1. RADARVISSZAVERŐ FELÜLET

GEOMETRIA

A radarvisszaverő felület mérete szerint arányos a radarerőnytelmével. A derékszögű felületek igen jól visszaverik a radarhullámokat, például egy teherautó minden esetben erős radarvisszaverőt ad. Így a Boeing 747 hatalmas, centrifugál-erősített hajtóművei vagy a nyolc hajtóműves B-52 is nagy jelként mutatkozik a képernyőn, mert hajtóműveik lapátjairól visszaverik a radarsugarakat. A két modern repülőgépet bebizonyította, hogy a visszaverő felületek jelentősen csökkenthetők.

3 TONNÁS TEHERAUTÓ

BOEING 747

BOEING B-52G

ROCKWELL B-1B

LOCKHEED F-117A

A „LOPAKODÓ” MŰKÖDÉSE

A tört felületekből kialakított burkolaton a ráirányuló radarhullámok különböző irányba szóródnak szét. Így a radarvevőre a besugárzott energiának csak egy kis része jut vissza.

FELÜLETI RÉTEG

8

8

2. Áthaladás: a fényelnyelés törvénye

Az A fényelnyelés (abszorbancia) mértéke arányos a fényelnyelő anyag mennyiségével (c koncentráció-jával), az l fényúthosszal, arányossági tényező az ϵ moláris abszorbancia.

Lambert-Beer-törvény:

$$\lg(I_0/I) = A = \epsilon c l$$

Az ϵ anyag és hullámhosszfüggő. Ez az elnyelési spektrum (UV-VIS, IR, MW, RW).

A módszer akkor alkalmazható, ha az elnyelt fény **nem okoz maradandó kémiai változást** (csak pl. rövid élettartamú gerjesztést (lásd Jablonski-diagramot)). **Ez nem a szoros értelemben vett fotokémia!!!**

9

9

3. Az elnyelt foton (főleg energiájától függően)

a) **gerjeszt:**

- **forgási állapotot** (molekulában),
- **rezgési állapotot** (molekulában),
- **elektron állapotot** (atomban, molekulában).

b) **ionizál**

- **fizikai változás:** fotocellában, ESCA-berendezésben
- **kémiai változás:** fotoemulzióban: $Br + hv \rightarrow Br + e^-$

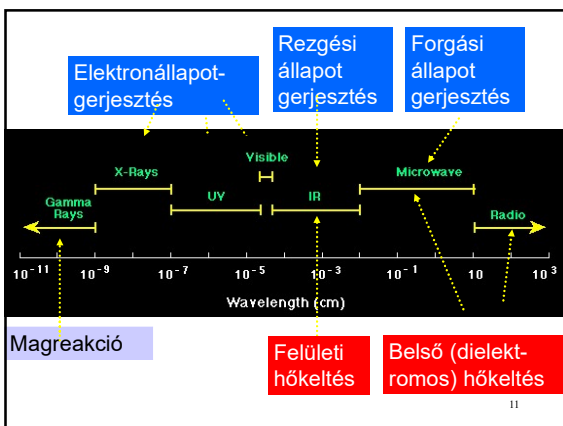
c) **kötést hasít**

- **homolitikusan**, azaz két gyököt (s nem ionokat) hoz létre: ez a **fotolízis**. $Cl_2 + hv \rightarrow 2 Cl$

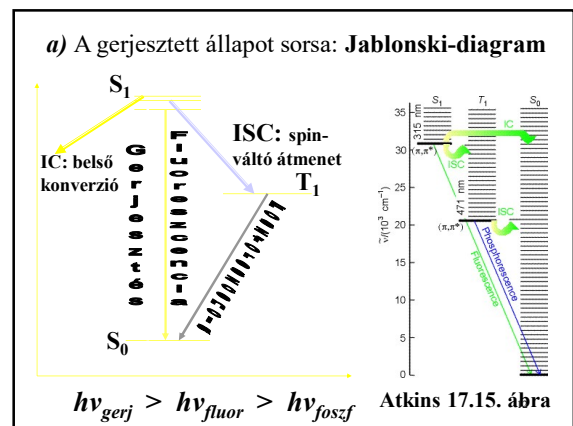
Ezek az **elsődleges** (primer) folyamatok. Ezeket gyakran követik **szekunder** változások (pl. szenzibilizálás, fotokatalízis, láncreakció stb.).

10

10



11



12

A gerjesztett állapot sorsa:
 az emittált (fluoreszkáló) sugárzás (foton) hullámhossza nagyobb, mint a gerjesztő (UV) sugárzásé (fotoné).

Stokes-törvény (1852). I. Jablonski-diagram.

Sir G. G. Stokes a fluoritról elnevezett, általa UV besugárzással előidézett fluoreszcencia tanulmányozásakor állapította meg. Ismertek kivételek is a „törvény” alól, nem szigorúan érvényes, ritkán említik.

13

13

b) A fotokémia alaptörvényei

1. Grotthus–Draper-törvény:

Csak az elnyelt fény okoz (kémiai) változást. Ha a fény teljesen visszaverődik, vagy a közeg transzparens az adott hullámhosszúságú e.m. rezgésre, akkor nincs (kémiai) változás.

T. Grotthus (1818) és W. Draper (1843)

14

14

2. Bunsen–Roscoe-törvény, viszonyossági törvény

A (fotokémiai) hatás a besugárzási intenzitás és a besugárzási idő szorzatával arányos:

$$H = I \times t \text{ (lux s)}$$

Bunsen, R., Roscoe, H. E: *Photochemische Untersuchungen*, Poggendorff's Annalen, 1855:96: 373-394

15

15

3. Einstein v. Stark–Einstein-törvény, ekvivalencia törvény

Egy foton elnyelése csak 1 primer történést (1 primer kémiai változást) okoz – amit sok szekundér követhet.

Einstein, A.: Ann. d. Physik, 1912: 37(4): 832-838

Einstein: $E = h \nu$, $E = m c^2$
 $m_{\text{foton}} = h\nu/c^2 \text{ (relatív tömeg)}$

16

16

Kvantumhatásfok, kvantumhasznosítási tényező

Quantum yield (quantum efficiency) Φ : az elnyelt fotonok által okozott bármilyen hatásra vonatkozathatjuk, pl. primer folyamat, termék, fluoreszcencia stb.

A **primer történések** 1 elnyelt fotonra számított aránya: Φ kvantumhatásfok

A **másodlagos folyamatokban** 1 foton hatására keletkező termékek aránya: Φ kvantumhasznosítási tényező

$$\text{HI} + h\nu \rightarrow \text{H}\cdot + \text{I}\cdot \text{ (primer)}$$

$$\text{H}\cdot + \text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}\cdot$$

$$\text{I}\cdot + \text{I}\cdot \rightarrow \text{I}_2 + \text{M}^*$$

A lánreakciós mechanizmus miatt e reakcióban nagy a kvantumhasznosítási tényező értéke. $\text{H}_2 + \text{Cl}_2$: $\Phi \sim 10^6$ ¹⁷

17

17

HCl képződése

Sztöchiometria: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$

Kinetika:

- bonyolult, lánreakció, sok problémát okozott szárazon, sötétben, szoba T-on nem reagálnak $h\nu > 478 \text{ nm-re}$ robban.
- $I \dots \dots$ besugárzási intenzitás
- O_2 jelenléte fékezi a robbanást, ν mérhető lesz

$$\frac{d[\text{HCl}]}{dt} = \frac{k \cdot I \cdot [\text{H}_2][\text{Cl}_2]}{m[\text{Cl}_2] + [\text{O}_2] \{ [\text{H}_2] + [\text{Cl}_2] / 10 \}}$$

18

18

Az egyszerűsített mechanizmus:

$$\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow 2 \text{Cl}\cdot$$

$$\text{Cl}\cdot + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{H}\cdot$$

$$\text{H}\cdot + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{Cl}\cdot$$

$$\text{Cl}\cdot + \text{fal} \rightarrow \text{rekombináció}$$

$$\text{H}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{HO}_2\cdot$$

$$\text{Cl}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{ClO}_2\cdot$$

$$\text{Cl}\cdot + \text{X} \rightarrow \text{ClX}$$

$$d[\text{HCl}]/dt = k_2 [\text{Cl}\cdot][\text{H}_2] + k_3 [\text{H}\cdot][\text{Cl}_2]$$

Steady state: $d[\text{Cl}\cdot]/dt = 0$, $d[\text{H}\cdot]/dt = 0$.

Igen nagy lánchossz: $\sim 10^6$

19

Érzékenyítés (szenzibilizáció)

Nem a reakciók gerjesztődnek, hanem a „**fotokatalizátor**”: egy energiaátvivő atom/molekula.

➤ A $\text{H}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{HCHO}$ reakcióban:

$$\text{Hg} + h\nu \rightarrow \text{Hg}^* \text{ (gerjesztett Hg atom)}$$

$$\text{Hg}^* + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}\cdot + \text{H}\cdot$$

$$\text{H}\cdot + \text{CO} \rightarrow \text{HCO}\cdot$$

$$\text{HCO}\cdot + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCHO} + \text{H}\cdot$$

$$\text{HCO}\cdot + \text{HCO}\cdot \rightarrow \text{HCHO} + \text{CO}$$

Láncreakció alakul ki, emiatt nagy kvantumhasznosítási tényezőt tapasztalunk.

20

➤ A **fényképezésben** a spektrális érzékenyítők (pl. mezo/cianinok) a sárga–zöld–vörös fotonokra is érzékennyé teszik az eredetileg csak kék fényre érzékeny AgBr kristályokat.

➤ A (hidegfényű) **fénycsővekben** Hg* atomok **szenzibilizálnak**: fotonenergiát visznek át.

A **biológiában** számos ilyen jelenség van. Pl. a klorofill a fotoszintézis szenzibilizátora (fotokatalizátora)


21

SUNTEST UV dózismérő

$$\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 + h\nu \rightarrow 2 \text{Fe}^{2+} + 2 \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2 \text{CO}_2$$

$$\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Ag} \text{ (kolloid)}$$

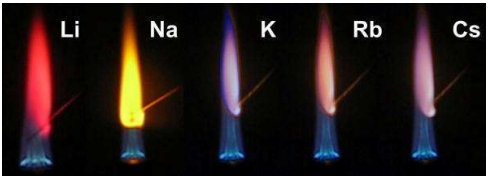
Védő polimer bevonat: (PVA, PMMA)



22

Meleglángok

- Exoterm kémiai folyamatokban termikusan gerjesztett részecskék fénykibocsátása ($T > 500 \text{ }^\circ\text{C}$).
 - Pl. gyertya, fáklya, parázs, Bunsen-égő, $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \dots$ (a láng: álló explózió)
 - [+ lángfestés (Na, K, Ba ...), lángfotometria, AAS, ...]



23

Fotokémia és sugárhatáskémia összehasonlítása

Fotokémia:
a fény hatására bekövetkező kémiai változások tanulmányozása és hasznosítása.
Főleg UV,VIS fotonok: *specifikus hatások*

Sugárhatáskémia:
nagy energiájú besugárzásra bekövetkező kémiai változások tanulmányozása, hasznosítása és a káros hatások megelőzése.
Főleg: $X, \alpha, \beta, \gamma, n$. Nem *specifikus hatások (rombol)*

Mikrohullámú kémia: MW kémiai (hő)hatása ²⁴

24

Állandó – „nem kikapcsolható” – sugárzások:

- **Nap:** $VIS + UV + h\alpha$ (kevés X, γ) – „éltető Nap”
- hőmérsékleti sugárzások (Nap + mesterséges)
- „háttér sugárzás”: **kozmosz és földi radioaktív**
- **mesterséges** rádió- (és mikro-)hullámok: *ma már van egy közel állandó enyhe háttér*

Eseti – időben/térben vált. – mesters. sugárterhelések:

- **egyéni** rádió- és mikrohullámú terhelések (pl. TV, komputer képernyő, rádió-telefonok, stb.)
- **egyéni** Röntgen- és γ besugárzások (eü-célokból)
- *ugyanazek speciális munkahelyi terhelésként*
- katasztrófák: *atomrobbantás, balesetek, ...*

25

A sugárzások mérése, detektálása:

- Rendkívül sokféle módszer, eszköz ismert, kb. 16-18 nagyságrendnyi tartományt kell átfogni.
- Emberi „detektorok”:
 - látható fényre: *a szem*
 - UV-ra („késéssel”): *a bőr* (a szem gyorsabb)
 - hőszugárzásra (mikrohullámokra): *a bőr*
 - ionizáló sugárzásokra az *élő szervezet fiziológiásan (kórosan)* viszonylag gyorsan, *a génállomány* (örökletesen) sokára reagál!

26

NEM-IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

A Nap: Földünk meghatározó energiaforrása.

5785 K hőmérsékletű fekete-test sugárzó:

- az IR komponensek melegítenek
- a látható komponensek világítanak
- az UV sugárzás komponensei
 - az UV-A viszonylag ártatlan
 - az UV-B részben átjön: barnít + rák
 - az UV-C a légkörben (O_3 !) elnyelődik: ezért fontos az ózonréteg (és az ózonlyuk)
- az X és γ komponensek gyengék

Mesterséges meleg- és hidegfényű fényforrások.

27

IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK RADIOÖKOLÓGIA

a) Természetes sugárforrások:

- **kozmosz sugárzás** (nem sok ér a felszínre) áttételesen is hat: pl. ^{14}C termelése
- **terresztrikus sugárzások:** elsősorban természetes radioaktív izotópok: $^3H, ^{14}C, ^{40}K, ^{226}Ra, ^{222}Rn, ^{220}Rn, ^{210}Pb, ^{210}Po$

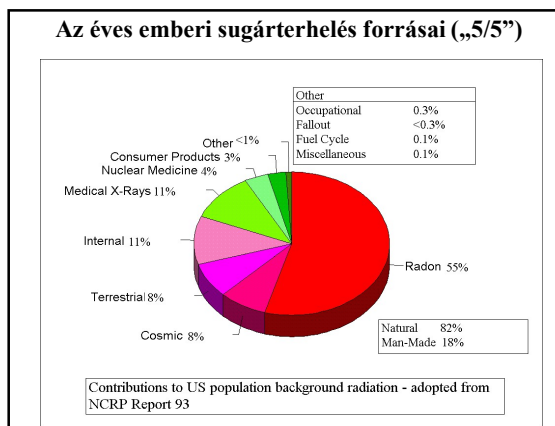
b) Mesterséges sugárforrások: főleg mesterséges radioaktív izotópok, továbbá X-sugárzás

28

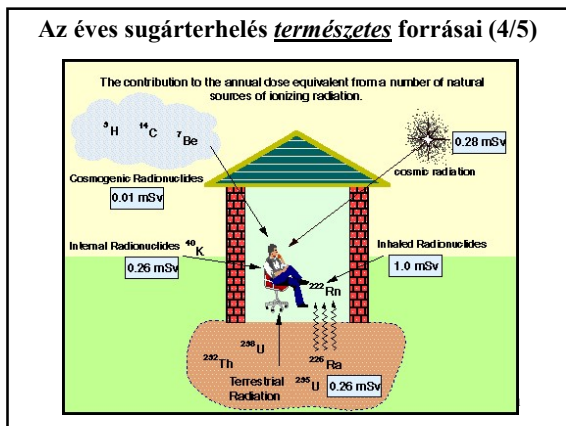
Az ionizáló sugárzások és hatásuk jellemzése:

- **Sugárforrás erőssége:** 1 becquerel (Bq) = 1 bomlás/perc
- **Elyelt sugárdózis:** 1 gray az 1 kg anyagban elnyelt sugárdózis, ha vele az ionizáló sugárzás 1 J energiát közölt. 1 Gy = 1 J/kg
- **Biológiailag hatásos dózis:** 1 sievert (Sv) = 1 J/kg
- A részecskék energia-tartománya: keV – MeV

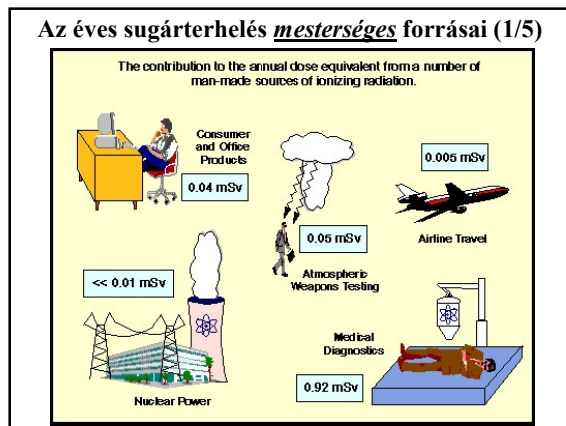
29



30



31



32



33



34

Mikrohullámú kémia

Mikrohullámok: 1 GHz – 300 GHz tartományban
 Fizika: lézer, radar, Bluetooth, GSM stb.
 Mikrohullámú sütő: 2,45 GHz = 12 cm. (A poláros vízmolekula igen, de a levegő nem nyeli el.) (Nem sütő, csak főző-melegítő, sütéshez külön grillező kell)
Mikrohullámú kémia (reaktorok): több mint hőhatás, energiaközlés dipoláris polarizáció révén
 → egyes kötések szelektív gerjesztése,
 → ennek révén meghatározott reakciók kiváltása
 → és (aktiválási) energiaigényének biztosítása.

35

Magnetokémia

Szerkezetvizsgáló módszerek: mágneses momentum mérése (fémkomplexek), NMR, ESR – nincs kémiai reakció.
Mágneses aktiválás: A legnagyobb mágneses erők energiája sem elegendő kémiai folyamatok kiváltására és „meghajtására”.
 Viszont: párosítatlan elektronok (gyökök) spinállapotát ezek a terek befolyásolják, s ennek hatása lehet (van) ezek reakcióiban (NO, O₂, szerves gyökök stb.), pl. gyorsítás, reakcióutak arányának befolyásolása.

36

Szonokémia

Az ultrahang előállítása: elektromos úton rezgésbe hozott kvarckristállyal.

Az ultrahang (longitudinális rezgés, frekvenciája nagyobb mint 20 000 Hz) **hatása:** Kondenzált fázisú rendszerekben lokálisan nagy nyomású és hőmérsékletű buborékok alakulnak ki. Ez a **kavitáció** jelensége.

A kavitáció (kémiai) folyamatokat gyorsíthat (az 500 MHz-es UH-generátor széles körben elterjedt.)

37

37

Szonokémiai eljárások

- Bor mesterséges érlelése
- A zsírcseppek diszpergálása a tejben
- Ködtelenítés repülőtéri ködszirenával
- UH-nyomáshullámmal gyógyítás
- UH visszaverődéssel tájékozódás (nemcsak a denevéreknél)
- UH anyagvizsgálat, anyaghiba kimutatás
- stb.

38

38

Mechanokémia, tribokémia

- Felületeken mechanikai kezelés, „aktiválás” révén energiátöbblet keletkezik, ez megnöveli az ott lejátszódó kémiai reakciók sebességét (katalizál).
- Elméletileg nem tisztázott, bonyolult folyamatok.
- Reprodukálható eredmények és kidolgozott eljárások ismertek.
- Dörzshatással, golyósmalmokban őrléssel jelentős hatások érhetők el (pl. a cement gyorsabban, jobban köt, a fémszerszámok felületei ellenállóbbak stb.)

39

39

Légkör kémia

N₂: inert, fontos „hígító” gáz – problémamentes

O₂: életfontosságú gáz, egyúttal O₃ forrás

Ar: nincs sem környezeti, sem élettani funkciója

CO₂: kardinális környezatkémiai vegyület

- a növényi szénhidrátszintézis forrása
- az állati/emberi életműködés terméke
- a C körforgalom fontos résztvevője
- az **üvegházhatás, a globális felmelegedés** okozója (+ CH₄, freonok, N₂O)
- technikai CO₂ emisszió növekedése kritikus

H₂O: körforgása, fizikai és kémiai szerepe

40

40

Változó komponensek (nyomgázok):

vegyület	térfogat%	tartózkodási idő
H ₂ O	0,004 – 4	~ 10 nap
O ₃	(0 – 5) × 10 ⁻⁶	~ 2 év
CO ₂	3 × 10 ⁻²	4 – 20 év
CO	(1 – 20) × 10 ⁻⁶	~ 0,3 év
N ₂ O	(2 – 6) × 10 ⁻⁶	~ 4 év
NO ₂	(0 – 3) × 10 ⁻⁷	~ 3 nap
NH ₃	(0 – 2) × 10 ⁻⁶	~ 7 nap
SO ₂	(0 – 20) × 10 ⁻⁷	~ 5 nap
H ₂ S	(2 – 20) × 10 ⁻⁷	~ 40 nap

41

41

Az atmosféra szerkezete:

vastagsága az Egyenlítőnél ~ 42.000 km

addig tart, míg $E_{T,kin} \sim E_{grav}$

felfelé ritkul: barometrikus nyomásformula

$$p = p_0 e^{-\frac{\rho g h}{kT}}$$

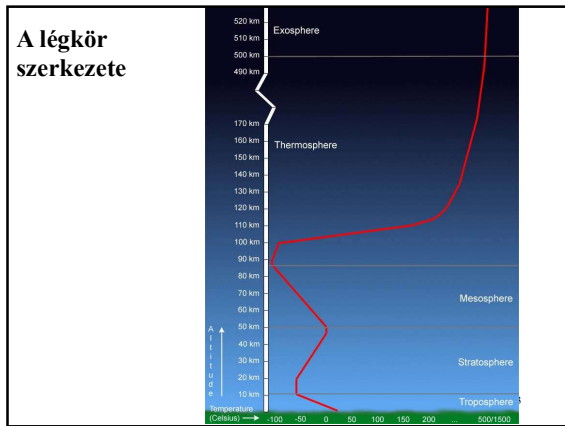
➤ **homoszféra:** a Föld feletti ~85 km-es réteg

- troposzféra
- sztratoszféra
- mezoszféra
- termoszféra

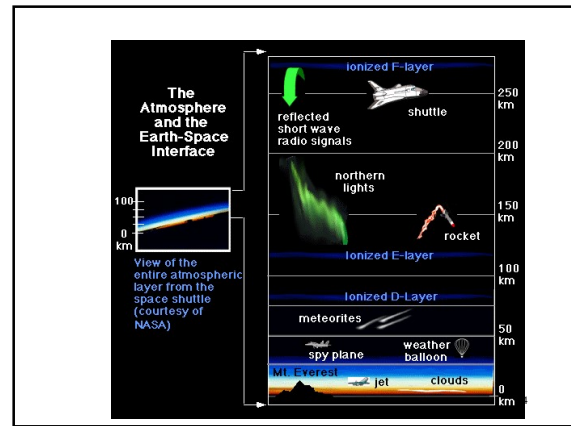
➤ **heteroszféra:** a homoszféra fölötti „vastag”, de igen ritka réteg (sugárzások alakítják)

42

42



43

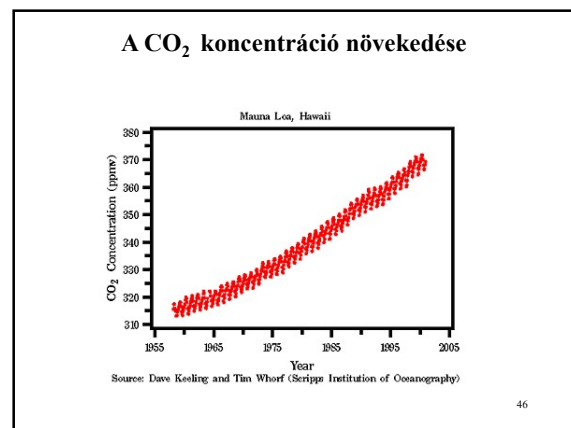


44

- **troposzféra** – (majd *tropopauza*)
 - a T felfelé csökken: $6,5\text{ °C/km}$
 - földfelszíntől az É-nél ~ 18 , pólusokon ~ 8 km
 - melegét a földfelszíntől kapja
 - főleg vízszintes légmozgás révén keveredik és ezzel összetétele homogenizálódik
- **sztratoszféra** – (majd *sztratopauza*)
 - a T itt felfelé nő: $\sim 0\text{ °C-ig}$
 - ~ 50 km-ig terjed
- **mezoszféra** – (majd *mezopauza*)
 - itt a T ismét csökken $\sim -80\text{ °C-ig}$ (50 – 85 km)
- **termoszféra**
 - ebben a T nő, ez egyúttal *ionoszféra*

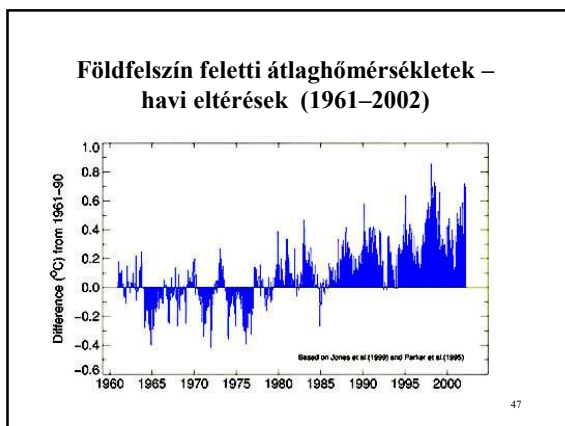
45

45



46

46



47

47

Az 1995. Évi Nobel-díjasok

Paul Crutzen Mario Molina Sherwood Rowland

A légkörkémiában, különösen az ózon keletkezése és fogyása értelmezésében elért eredményeikért

The block contains three black and white portraits of the 1995 Nobel laureates in Chemistry: Paul Crutzen, Mario Molina, and Sherwood Rowland. They are shown from the chest up, wearing suits and ties.

48

48

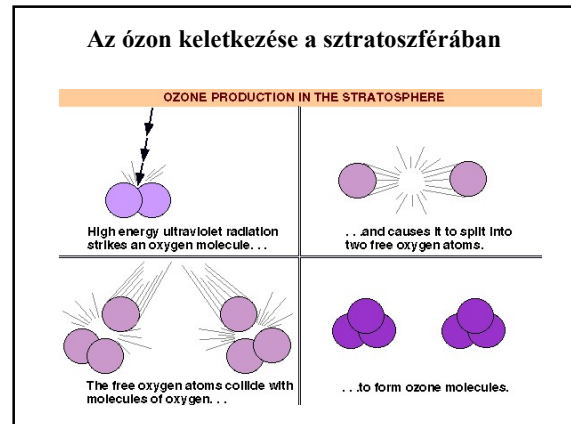
O₃: kulcsfontosságát nemrég ismerték fel
 - az „ózdudús” levegő tévedés: a felszíni ózon élettanilag káros!
 - a sztratoszférában keletkező ózon UV-C (200–320 nm) elnyelő hatása miatt fontos!

szintézise: $O_2 + hv \rightarrow O + O$
 $O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$ (3. test)

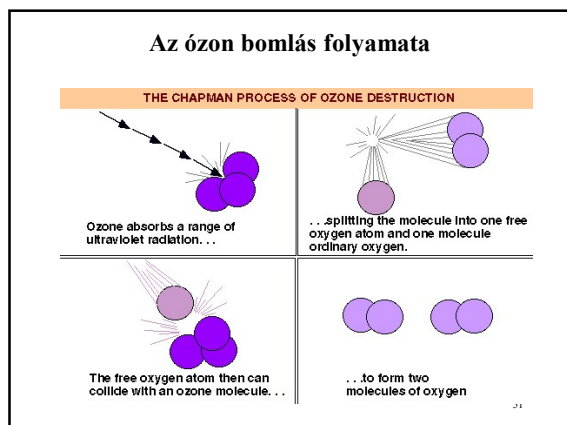
bomlása: $O_3 + hv \rightarrow O_2 + O$
 $O_3 + O \rightarrow 2 O_2$

ózonréteg: 1 atm-n 3 mm vastag lenne
 ózonlyuk probléma: NO_x és a CFCI katalizálja a az ózon bomlását, ezért a déli sark fölött (?) az ózon ritkul, majd regenerálódik

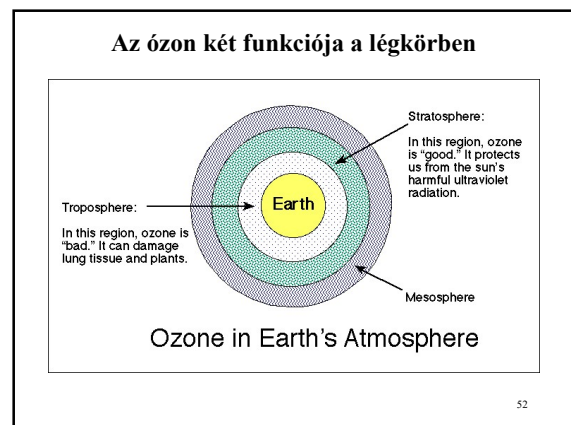
49



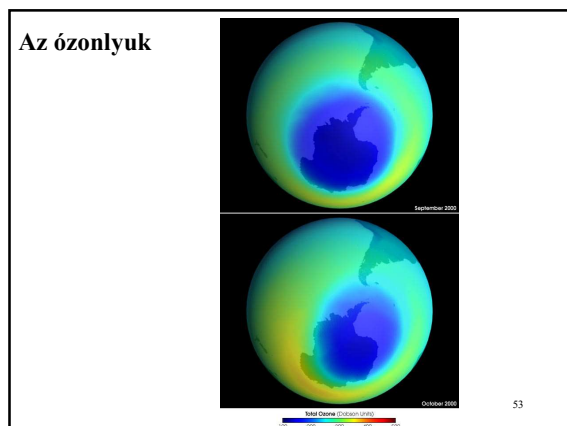
50



51



52



53

A LÉGKÖR SZENNYEZŐ ELEMEI

A szennyeződés forrásai: természetes és mesterséges
 Szennyező vegyületek: C, S, N, halogén vegy-ek
 Kyoto-i hatos „greenhouse gases” kosár:
 [CO₂, CH₄, NO_x, HFcarbons, perFFcarbons, SF₆]
 Kolloid szennyeződések: , por, köd, füst, szmog

- A levegőszennyezettség mérése
- A levegő öntisztulása
- A levegőtisztaság védelme (megelőzések)
- A szennyeződés hatása az élővilágra

54

CO: - nem állandó alkotó; reaktív, elreagál
 - természetes forrás: vulkánok
 - mesterséges: gépkocsik, tüzelőszerkezetek
 - erősen mérgező

Measurement of Pollution in the Troposphere

Carbon Monoxide

low high

55

55

SO_x: SO₂, SO₃, [H₂S, COS, CS₂, (CH₃)₂S]

- term. forrás: vulkánok, bioszféra bomlása
- mest: hőerőművek, gépkocsik, vegyipar
- [a 4 vegyület] SO₂-vé oxidálódik
- SO₂ → SO₃ → H₂SO₄ → savas eső (kőd)

„Levegőkémia”:

- SO₂ + hv → SO₂^{*}
 SO₂^{*} + O₂ → SO₄^{*}
 SO₄^{*} + O₂ → SO₃ + O₃
- SO₂ + O → SO₃
- heterogén: köd, füst cseppek felületén

Hatás: növényeken, talajokban, műszaki fémeken⁵⁶

56

NO_x: toxikus, veszélyes a NO, a NO₂ és az NO₃.
 van: N₂O, N₂O₃, N₂O₅, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻ ...

- term. f: élő és holt szervezetek, villámlás, ...
- mest. f.: erőmű, gépkocsi, jet, vegyipar, ...
- NO: irreverz. a vér hemoglobinjára kötődik
- NO₂: savassága révén tüdőkárosító

„Levegőkémia”:

oda: NO + O₃ → NO₂ + O₂
 NO + H₂O → NO₂ + HO

viszta: NO₂ + hv → NO + O – egyensúly!

végül: NO₂ + OH → HNO₃
 2NO₂ + H₂O → HNO₂ + HNO₃

57

57

[NO_x]

- egyes növények (zuzmók, mohák) különösen érzékenyek: indikátorként alkalmazhatók
- savképződés révén műszakilag károsak
- NO_x-k emissziója korszerű módszerekkel eredményesen csökkenthető (gk. katalizátor, ad- és abszorpciós eljárások, stb.)

SAVAS ESŐK: az esővíz pH-ja ~5,5 (CO₂)
 NO_x és SO_x hatására: ~4,5, sőt 2,25 (Kína)!

Hatás: talajok, növények, halak, ipari fémek, műemlékek erodálódnak

58

58

A halogénezett szénhidrogének (CFCl)

- hűtőgépek, spray-ek egykori hajtógázai
- közvetlen káros hatásuk nincs, stabilisak
- a sztratoszférában UV sugárzásra bomlanak: a keletkező Cl, F ozonbontó katalizátor (katalizátor a NO és NO₂ is)

$$O_3 + hv \xrightarrow{Cl, F} O_2 + O$$

$$O_3 + O \longrightarrow 2O_2$$

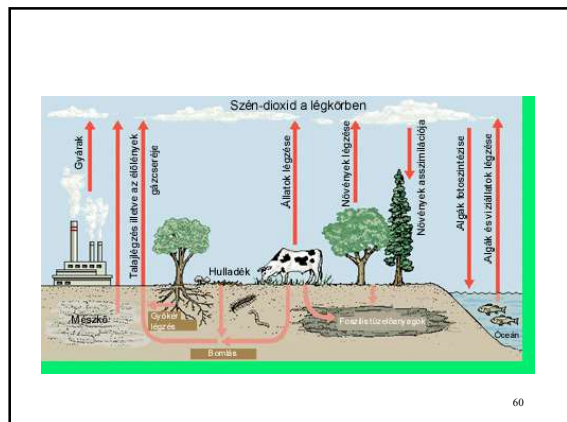
$$NO_2 + O_2 \longrightarrow NO_3 + O_2$$

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

A CFCl emisszió az utóbbi évtizedekben világszerte jelentősen csökkent.

59

59



60