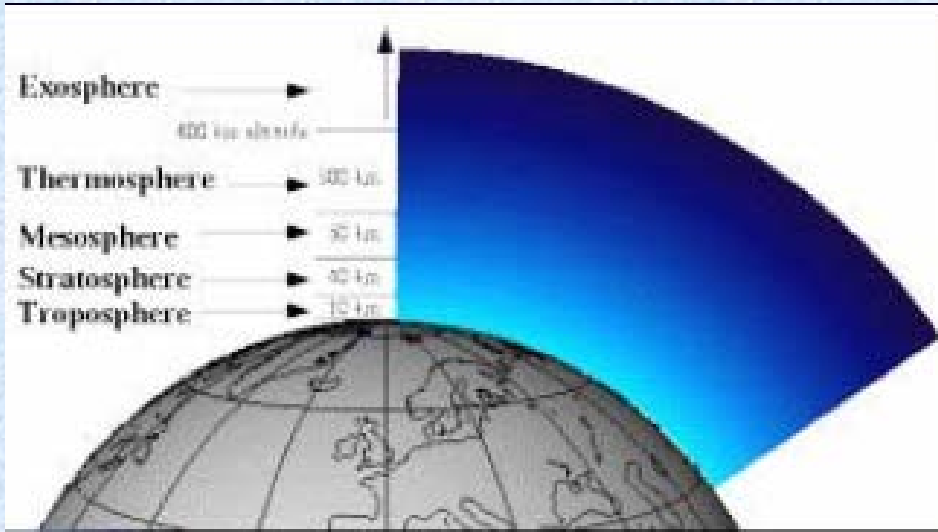


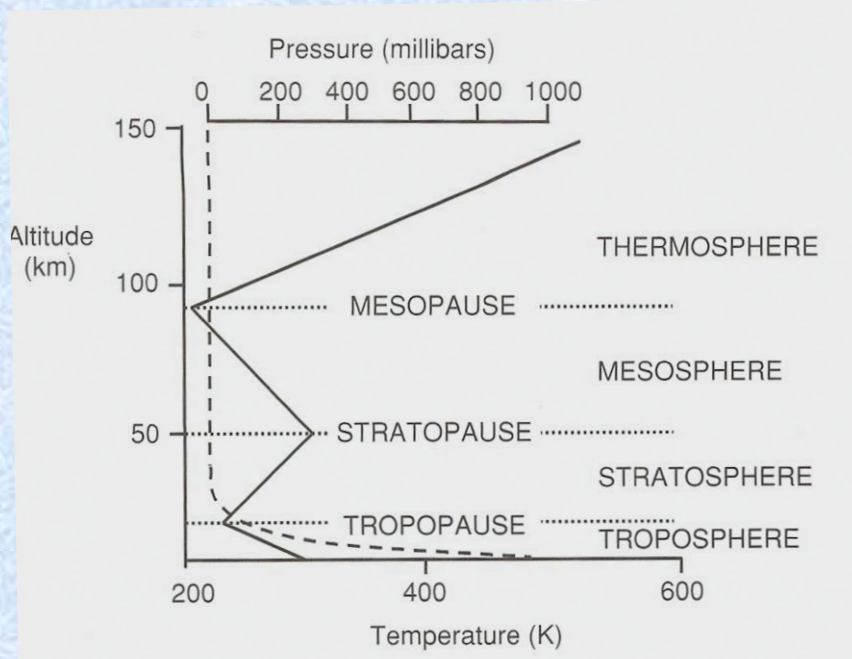
# Környezeti kémia II.

A légkör kémiája  
2016.09.19.

# A légkör felépítése



- Troposzféra: ~0-15 km
- Sztratoszféra: ~15-50 km
- Mezoszféra: ~50-85 km
- Termoszféra: ~85-500 km
- felső határ: ~1000 km nehezen definiálható



Hőmérséklet eloszlás:

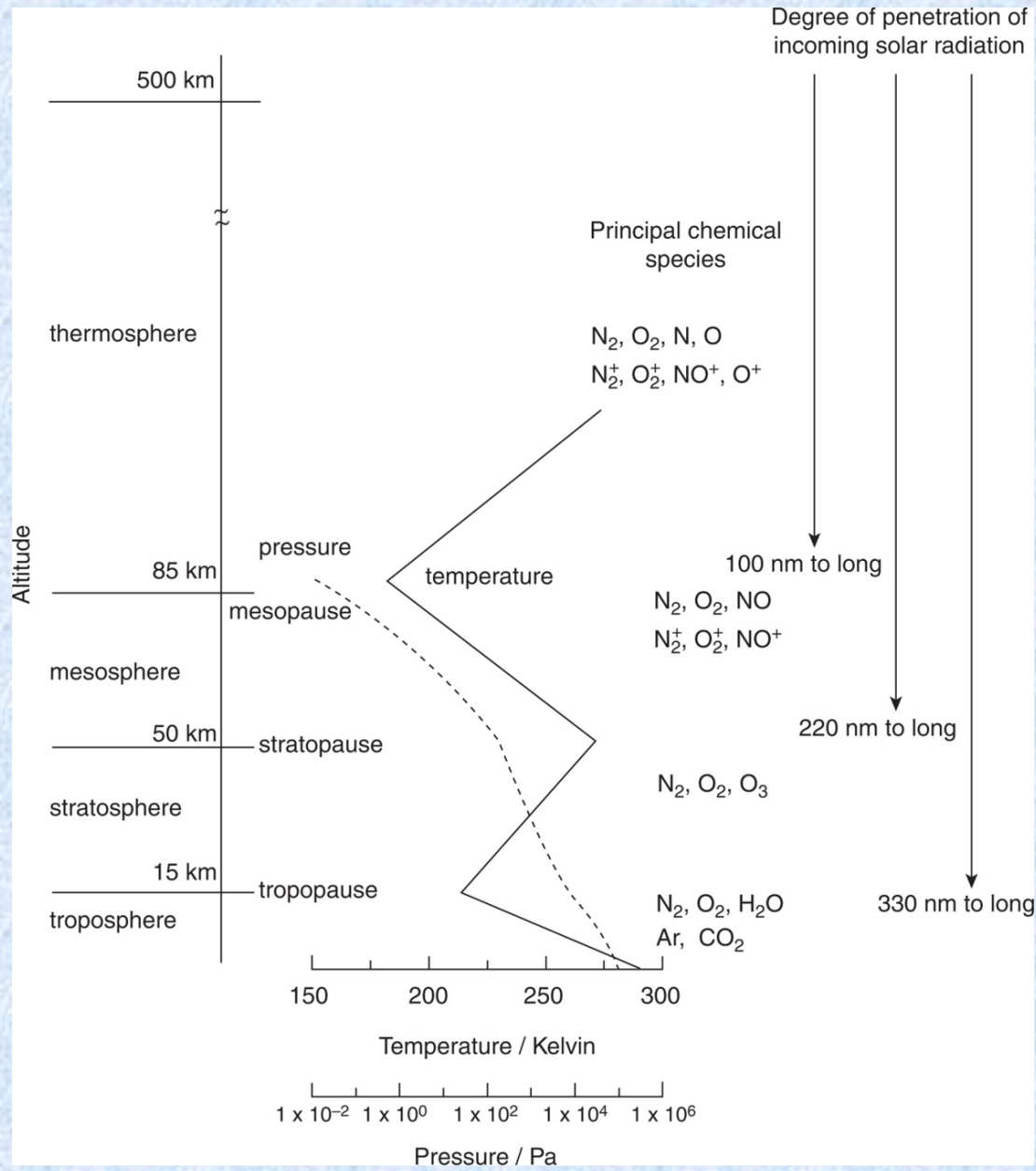
egyes részecskék és a napenergia közötti kölcsönhatás határozza meg

Nyomás változása az alsóbb rétegekben:

$$p_h = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

Koncentráció!!!  
következmények

# A légkör tulajdonságai



# Légköri nyomás

## Az atmoszféra tömege

$$p^0 = \frac{M_{atm} g}{4\pi r^2}$$

$p^0 = 101325$  Pa tengerszinten

$g = 9.81 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$  gravitációs gyorsulás

$r = 6.37 \times 10^6$  m Föld sugara

Nyomás  $h$  magasságban: barometrikus magasságformula

$$p_h = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

$h$  : magasság

$M = 0.029$  kg mol<sup>-1</sup> átlagos molekulatömeg

100 km-en?

# Összetétel

Összetevő	Keveredési arány (%)
Nitrogén	78.08
Oxigén	20.95
Argon	0.93
Szén-dioxid	0.0387

+ nyomelemek ~0.002 tf%

$M = 28.97 \text{ g/mol}$

Nedvességtartalom változó  
0.5-15 g/kg

- Kb 80 km-ig állandó összetétel
- Afölött a fotokémiai folyamatok miatt változik az összetétel ( $N_2$ ,  $O_2$  disszociál)
- időben és térben való változás:
  - természetes folyamatok (vulkáni tevékenység, természeti katasztófák)
  - antropogén emissziók (energiaelőállítás, ipari tevékenység)
    - pl:  $CO_2$  0.029 tf%-ról 0.035 tf%-ra egy évszázad alatt

# Termoszféra

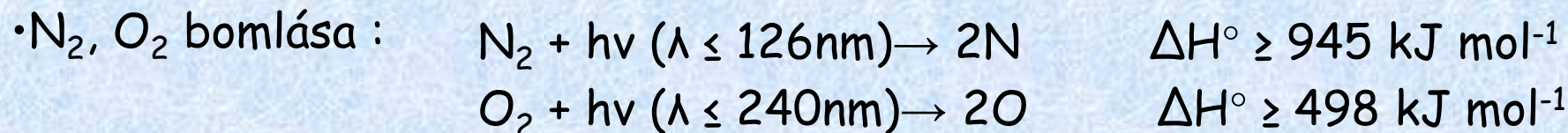
• 100 km magasságban  $\sim 0,025$  Pa nyomás

→ koncentráció 4 milliomod része a felszínközeli levegőnek  
( $101325\text{Pa}/0,025\text{Pa}$ )

• Nagy energiájú sugárzás

$$E = h\nu = hc/\lambda \quad h: \text{Planck-áll.}(6.6 \times 10^{-34} \text{Js}) \quad c: \text{fényseb.}(3 \times 10^8 \text{m/s})$$

100nm-es elektromágneses sugárzás energiája?

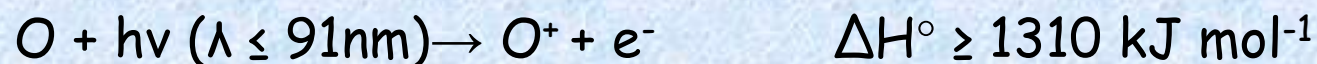
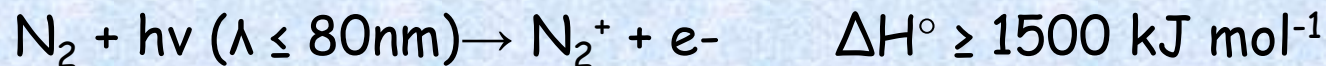


• N, O, NO képződhet

pl: 120km-en  $c_{\text{O}} = c_{\text{O}_2}$

csökkenti a napsugárzás fluktuációjának hatását az éghajlatra

• ionizáció: ionoszféra elnevezés (mezopauza felett)



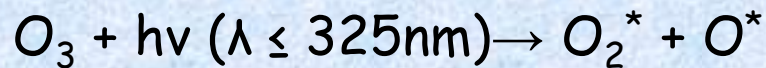
bizonyos mértékben reverz  $e^-$  befogó reakciók → kinetikus energia →  
hőm. nő a termoszférában

# Mezoszféra

- $O_3$  már jelen van

alacsonyabb energiájú sugárzást abszorbeál mint ami a stabilabb részecskék disszociációjához és ionizációjához szükséges

→ lefelé haladva nő a hőmérséklet



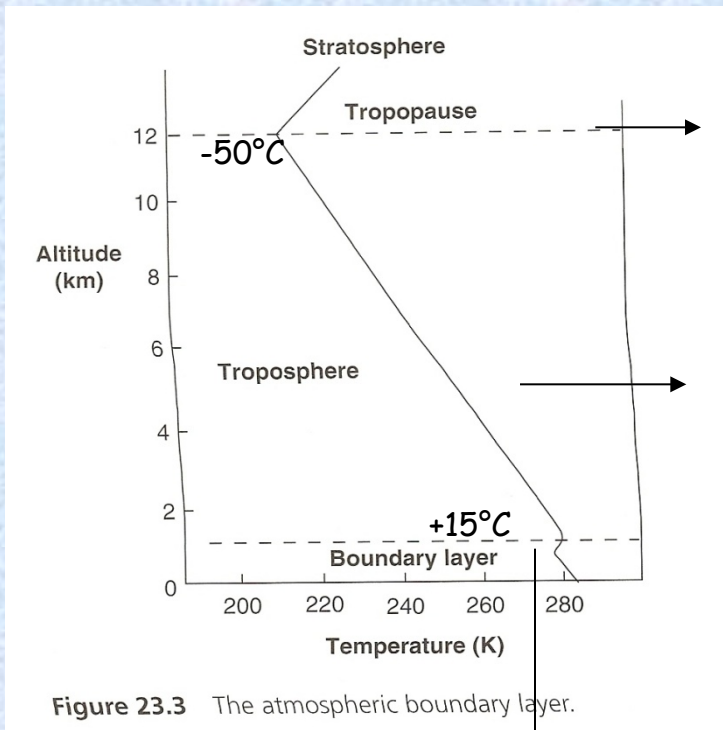
# Sztratoszféra

- Lefelé haladva csökken a hőmérséklet : az  $O_3$  által abszorbeált energiatartományú sugárzás hiányzik az alsóbb rétegekből
- Sztratopauzáig nő a hőmérséklet, a sűrűség csökken, így kicsi a konvekció és stabil az összetétel

# Troposzféra

- A felszín elérő sugárzás részben abszorbeálódik → alacsony energiájú IR
- Ez részben abszorbeálódik a troposzférában:  $H_2O$ ,  $CO_2$
- Üvegházhatás

# A troposzféra



„Hideg csapda”, tropopauza  
meleg levegő nem emelkedik tovább, víz  
kifagy  
Szabad légkör

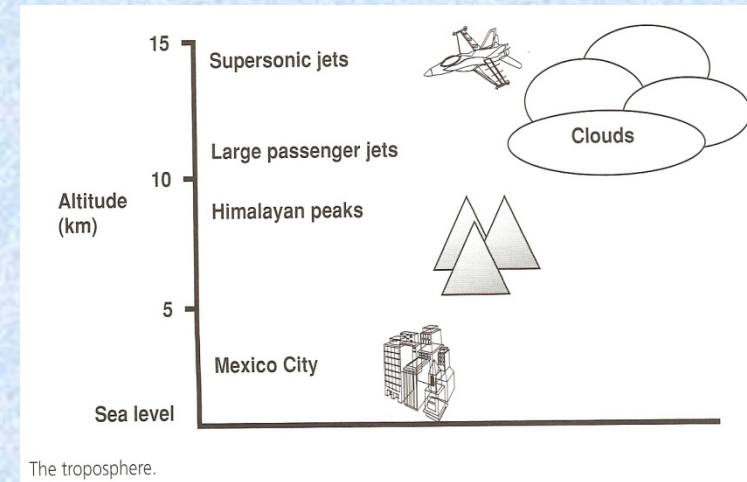


Figure 23.3 The atmospheric boundary layer.

Boundary layer (BL) = Planetáris határréteg (PHR)

•súrlódás, hőtranszport, evaporáció, légszennyezés lényeges változást okozhat  
FELSZÍN HATÁSA !!!!

•néhány száz métertől kb.2 km-ig

•levegő összekeveredése a délelőtti erős besugárzás hatására fölemelkedő levegő miatt



# A troposzféra összetétele

Komponens	Koncentráció (tf. %)	A teljes mennyiség (Mt)	Tartózkodási idő a troposzférában (év)
N <sub>2</sub>	78,082	3,9 · 10 <sup>9</sup>	6 000 000
O <sub>2</sub>	20,9472	1,2 · 10 <sup>9</sup>	4 500
Ar	9,34 · 10 <sup>-1</sup>	6,7 · 10 <sup>7</sup>	
CO <sub>2</sub>	3,50 · 10 <sup>-2</sup>	2,8 · 10 <sup>6</sup>	2...4
Ne	1,82 · 10 <sup>-3</sup>	6,6 · 10 <sup>4</sup>	
He	5,2 · 10 <sup>-4</sup>	3,7 · 10 <sup>3</sup>	
CH <sub>4</sub>	1,6 · 10 <sup>-4</sup>	4,6 · 10 <sup>3</sup>	<u>7</u>
Kr	1,1 · 10 <sup>-4</sup>	1,6 · 10 <sup>4</sup>	
H <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-5</sup>	1,7 · 10 <sup>2</sup>	
N <sub>2</sub> O	3,0 · 10 <sup>-5</sup>	2,4 · 10 <sup>3</sup>	<u>200</u>
CO	1 · 10 <sup>-5</sup>	4,6 · 10 <sup>2</sup>	0,2
O <sub>3</sub>	4 · 10 <sup>-6</sup>	3,4 · 10 <sup>2*</sup>	0,0005...0,1
NO <sub>2</sub>	2 · 10 <sup>-6</sup>	1,6 · 10 <sup>2</sup>	<u>0,002</u>
NH <sub>3</sub>	6 · 10 <sup>-7</sup>	1,8 · 10 <sup>1</sup>	0,01...0,1
SO <sub>2</sub>	2 · 10 <sup>-7</sup>	2,3 · 10 <sup>1</sup>	<u>0,01</u>
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7 · 10 <sup>-8</sup>	3,8	0,2
CH <sub>3</sub> Cl	5 · 10 <sup>-8</sup>	4,5	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2 · 10 <sup>-8</sup>	1,0	0,005
CCl <sub>4</sub>	1 · 10 <sup>-8</sup>	2,8	10
FCCL <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-8</sup>	2,4	<u>50</u>
F <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub>	1 · 10 <sup>-8</sup>	2,2	<u>100</u>
H <sub>2</sub> O		1,3 · 10 <sup>7</sup>	<u>0,03</u>

\* Az atmoszféra teljes ózontartalmának 5-10%-a

- Vízgőz: 0,1 % - 4 %, éghajlattól, hőmérséklettől függően

- Aeroszol

- Nyomgázok

- Tartózkodási idő:

- SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>: kicsi, savas esővel kiülepszik

- CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC: nagy

Légkör  
tömegének  
80-90 %-a

# Légköri transzport folyamatok 1.

Anyagforgalom:

$$\tau = M/F = M/R$$

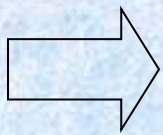
M: anyag tömege

F: forrás intenzitása

R: nyelő intenzitása

Stacionárius állapotban:

az időegység alatt levegőbe kerülő anyagmennyiség (F) = kihulló anyagmennyiség (R)



$\tau$  tartózkodási idő: az az idő, amíg a légkörben levő teljes anyagmennyiség megkötődik ill. ugyanannyi a forrásból újraképződik

- Állandó ( $\tau > 100$  év) :  $N_2$ ,  $O_2$ , nemesgázok
- Változó ( $\tau \approx 1-100$  év) :  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $N_2O$ ,  $O_3$  (évek)
- Gyorsan változó ( $\tau < 1$  év) :  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$  (napok)

Emberi tevékenység hatása

# Légköri transzport folyamatok 2.

## Adiabatikus lehűlés:

felszínközeli levegő melegszik → könnyebb melegebb levegő felfelé (alacsonyabb nyomású helyre) → kitágulás → gázmolekulák munkát végeznek → kinetikus energiájuk csökken → T csökken ( $\sim 1^\circ\text{C}/100\text{m}$ )

## Konvekciós keveredés:

- egy a felszínen kibocsátott molekula 1-2 nap alatt eléri a tropopauzát
- a vízszintes áramlás kisebb mértékű → térbeli keveredés  $\sim 1$  hónap
- hosszú tartózkodási idő → homogén eloszlás a troposzférában
- kis  $\tau$  (reaktív molekulák pl: víz) → lokális koncentrációváltozások

Hely	Légköri tulajdonság
Óceánok	Tengeri só aeroszol ( $\text{Na}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , ...)
Szárazföld	Por (talaj, pollen, stb)
Városi régió	Szennyezők (füst, por, elsődleges és másodlagos szmog összetevők)
Száraz trópusok	Kevés csapadék, intenzív napsugárzás
Nedves trópusok	Sok csapadék, természetes VOC, intenzív napsugárzás
Sarkvidék	Periódikus napsugárzás, sarki köd (szulfát aeroszol, korom, fémek)

Popocatepetl  
(Mexico) okozta  
légszennyezés

2001.01.23. füst és  
korom, több mint 9km  
magasságig



Sarkvidéki köd:

mérsékelt övi  
légszennyeződés

fém tartalmú aeroszol,  
kohóból, szénégetésből  
(ipari forr.)

# Reakciók a légkörben

- Termodinamikai számítások
- Kinetikai számítások
- Fotokémiai reakciók
- Szabad gyökös reakciók