

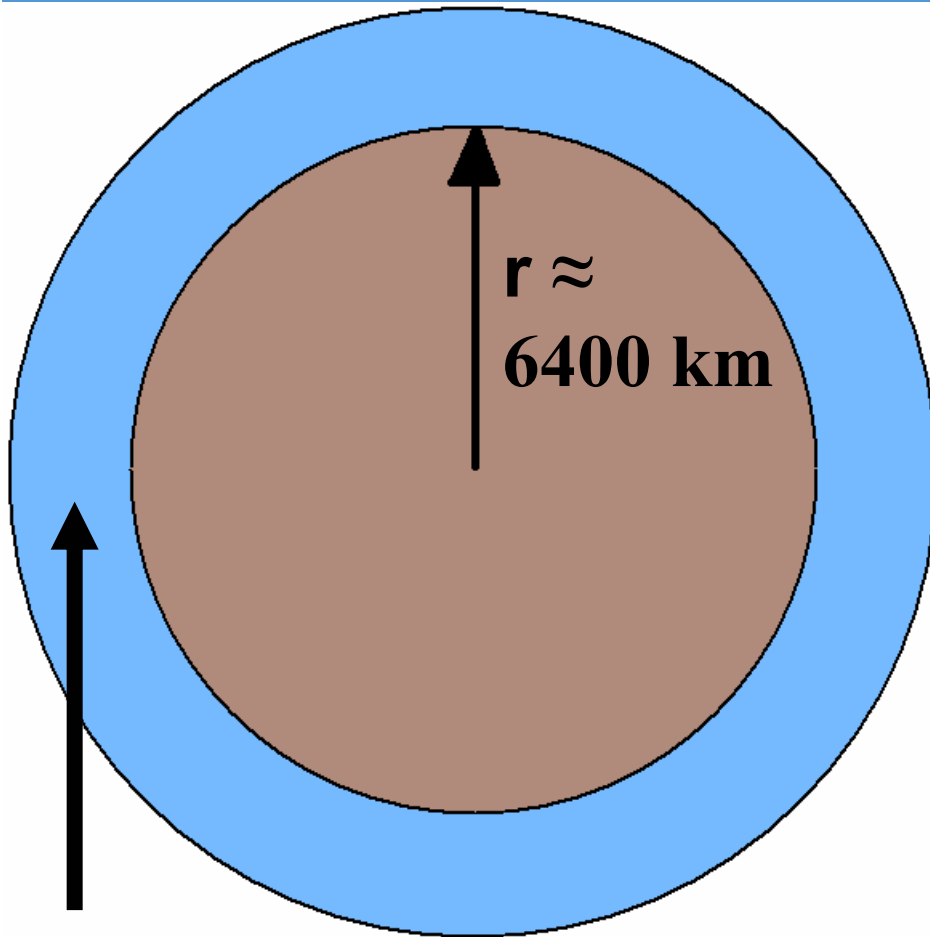
A légkör összetétele és vertikális szerkezete, csillagászati tényezők



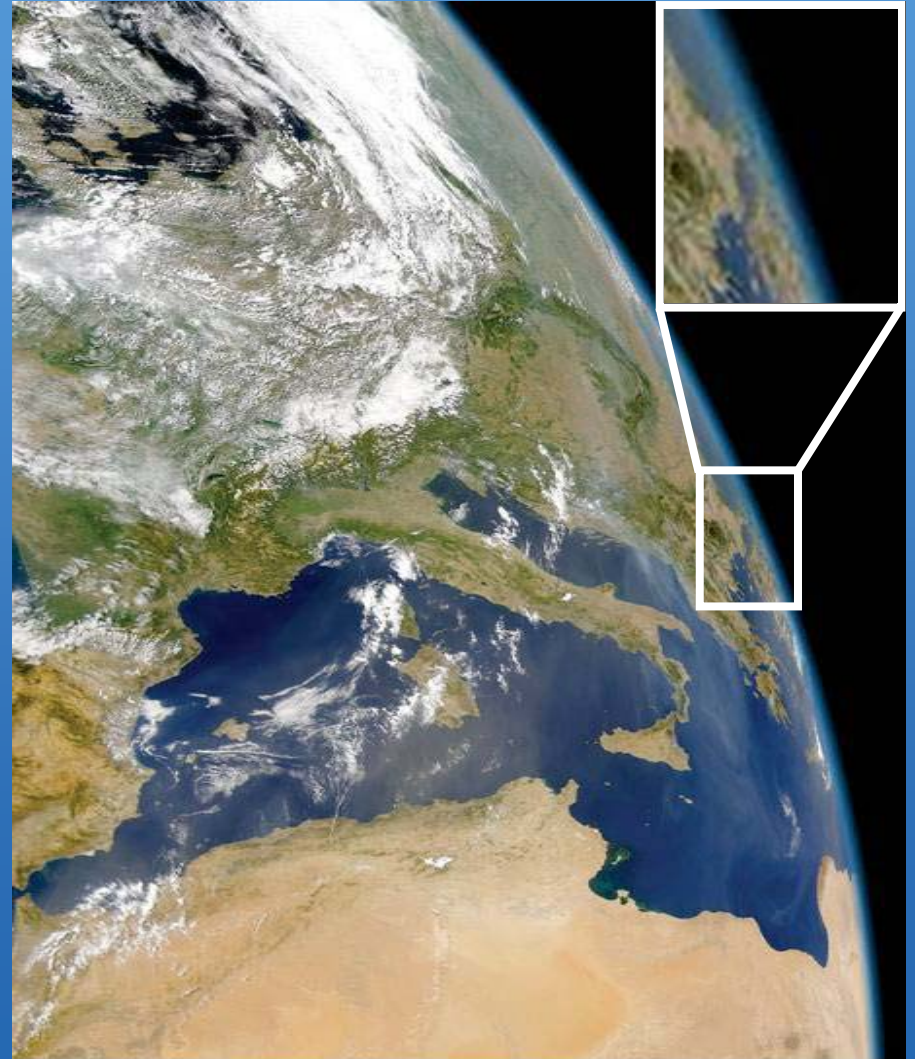
Légkör

- Def.: A légkör a Földet körülvevő különböző gázok, továbbá szilárd és cseppfolyós részecskék keveréke.
- Határa addig terjed, amíg a Földdel EGYÜTT mozognak légrészecskék.

Légkör



Légkör tömegének $\approx 99 \%$ -a
Az alsó 30 km-es rétegben található



A légkör összetétele

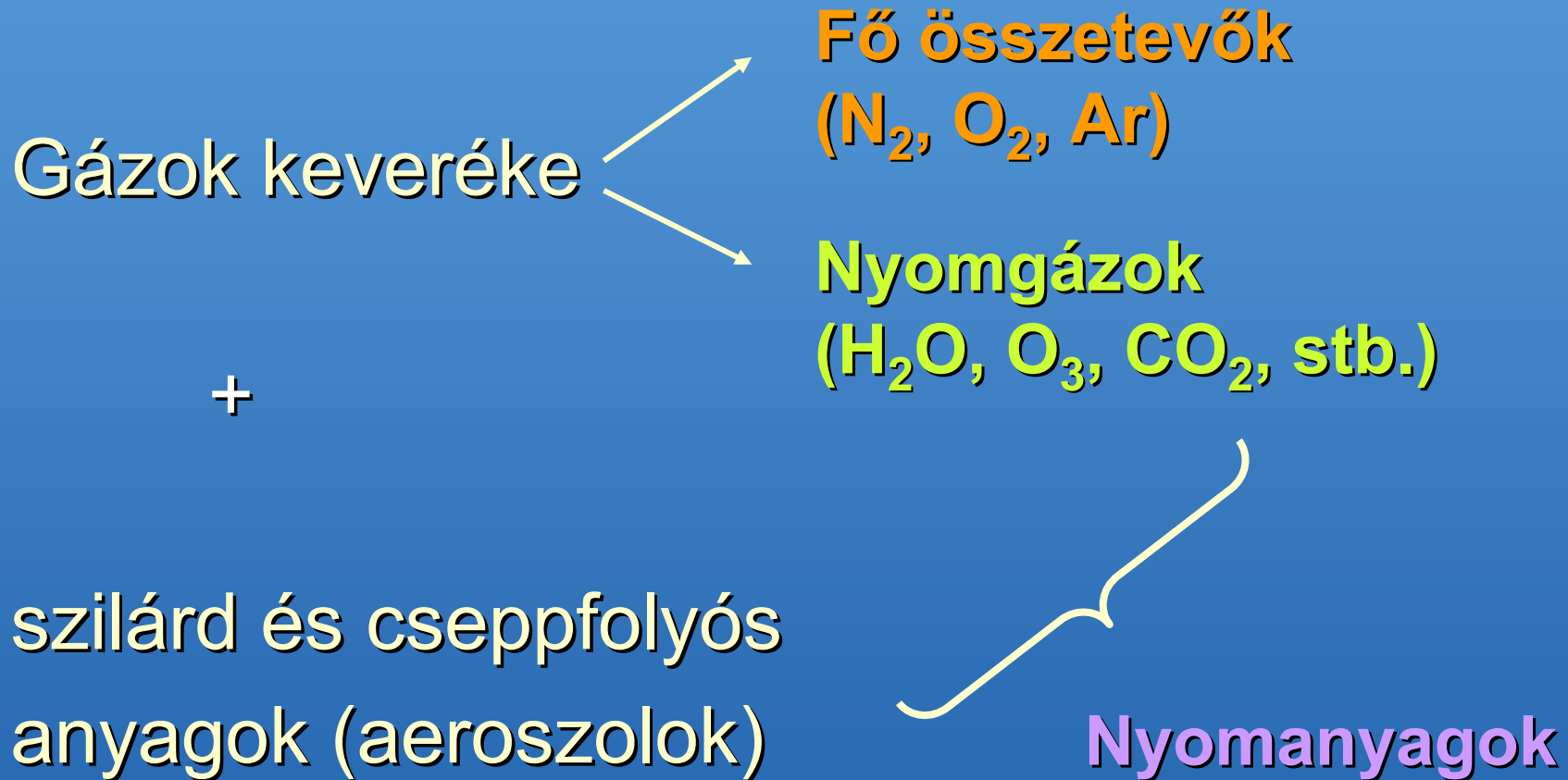
A légkör összetétele

Gáz	Vegyjel	Térfogatszázalék	Minősítés				
			fő össze- tevő	nyom- gáz	ál- landó	vál- tozó	erő- sen vál- tozó
Nitrogén	N ₂	78,084	+		+		
Oxigén	O ₂	20,946	+		+		
Argon	Ar	0,934	+		+		
Neon	Ne	1,818 · 10 ⁻³		+	+		
Hélium	He	5,24 · 10 ⁻⁴		+	+		
Kripton	Kr	1,14 · 10 ⁻⁴		+	+		
Xenon	Xe	8,7 · 10 ⁻⁶		+	+		
Szén-dioxid	CO ₂	0,032	+			+	
Metán	CH ₄	2 · 10 ⁻⁴		+		+	
Hidrogén	H ₂	5 · 10 ⁻⁵		+		+	
Dinitrogén-oxid	N ₂ O	2,5 · 10 ⁻⁵		+		+	
Ózon	O ₃	0–5 · 10 ⁻⁶		+		+	
Vizgőz	H ₂ O	0–4		+			+
Szén-monoxid	CO	0–2 · 10 ⁻⁵		+			+
Nitrogén-dioxid	NO ₂	0–3 · 10 ⁻⁷		+			+
Ammónia	NH ₃	0–2 · 10 ⁻⁶		+			+
Kén-dioxid	SO ₂	0–2 · 10 ⁻⁷		+			+
Kén-hidrogén	H ₂ S	0–2 · 10 ⁻⁷		+			+

Relatív
mennyiség
alapján

Időbeli és
térbeli
változatosság
alapján

A légkör összetétele – relatív mennyiség alapján



Fő összetevők

Gáz	Vegyjel	Térfogat %	Jelentőség
Nitrogén	N ₂	78,08	Bioszféra
Oxigén	O ₂	20,94	Lélegzés
Argon	Ar	0,93	nincs

Nyomgázok

- **Vízgőz (H_2O):**
 - A légkör alsó rétegében található
 - Időben és térben változó eloszlású – 0-4 m%
 - Üvegházhatás - $33^{\circ}C$ -kal lenne kevesebb a felszíni átlag hőmérséklet
 - Felhőképződés (+ aeroszolok)
- **Ózon (O_3)**
 - Elsősorban a világűrből érkező UV sugárzást szűri meg
- **Szén-dioxid (CO_2)**
 - Légkör alsó rétegében található
 - Szerves anyagok oxidációjával jut a légkörbe
 - Üvegházhatás – koncentrációja kb. 60-szor kisebb mint a vízgőzé, de $7^{\circ}C$ -kal járul a felszíni átlag hőmérséklethez

A légkör összetétele – időbeli és térbeli változékonyság alapján

- **Tartózkodási idő**: amely idő alatt az anyag teljesen kikerülne a levegőből, ha nem lenne további emisszió.
 - Állandó összetevők: $>10^6$ év,
 - Változó: pár év,
 - Erősen változó: pár nap, pl.: antropogén eredetű szennyező anyagok (SO_2 , NO, NO_2 , CO), toxikus nehéz fémek

A légkör összetétele

Gáz	Vegyjel	Térfogatszázalék	Minősítés				
			fő össze- tevő	nyom- gáz	ál- landó	vál- tozó	erő- sen vál- tozó
Nitrogén	N ₂	78,084	+		+		
Oxigén	O ₂	20,946	+		+		
Argon	Ar	0,934	+		+		
Neon	Ne	1,818 · 10 ⁻³		+	+		
Hélium	He	5,24 · 10 ⁻⁴		+	+		
Kripton	Kr	1,14 · 10 ⁻⁴		+	+		
Xenon	Xe	8,7 · 10 ⁻⁶		+	+		
Szén-dioxid	CO ₂	0,032	+			+	
Metán	CH ₄	2 · 10 ⁻⁴		+		+	
Hidrogén	H ₂	5 · 10 ⁻⁵		+		+	
Dinitrogén-oxid	N ₂ O	2,5 · 10 ⁻⁵		+		+	
Ózon	O ₃	0–5 · 10 ⁻⁶		+		+	
Vizgőz	H ₂ O	0–4		+			+
Szén-monoxid	CO	0–2 · 10 ⁻⁵		+			+
Nitrogén-dioxid	NO ₂	0–3 · 10 ⁻⁷		+			+
Ammónia	NH ₃	0–2 · 10 ⁻⁶		+			+
Kén-dioxid	SO ₂	0–2 · 10 ⁻⁷		+			+
Kén-hidrogén	H ₂ S	0–2 · 10 ⁻⁷		+			+

Relatív
mennyiség
alapján

Időbeli és
térbeli
változatosság
alapján

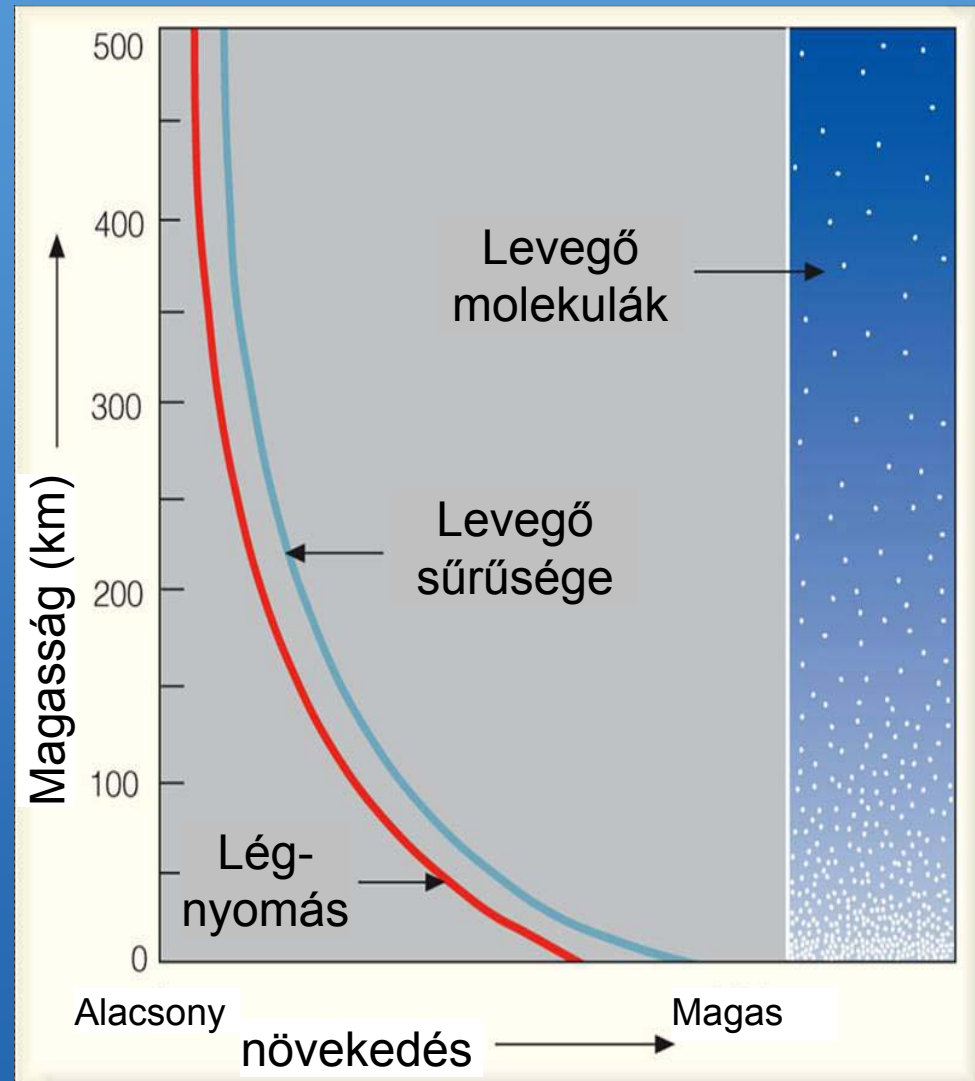
A légkör vertikális szerkezete

A légkör vertikális szerkezete – nyomás és sűrűség

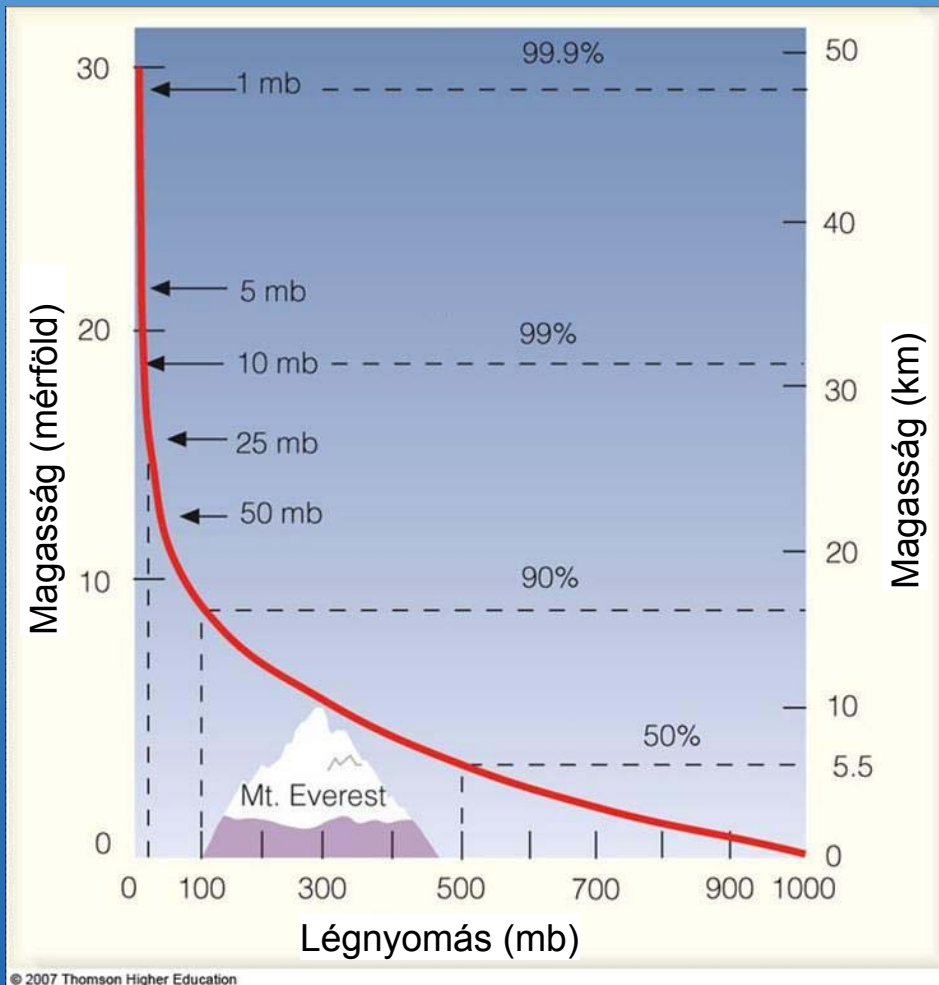
- Emlékeztető
 - Sűrűség (ρ) =
tömeg/térfogat [g/m^3]
 - Nyomás (p) =erő/terület
[Pa]
 - Légköri nyomás –
adott magasságban a
levegő oszlop által 1
 m^2 felületre kifejtett erő

A légkör vertikális szerkezete – nyomás és sűrűség

- Emlékeztető
 - Sűrűség (ρ) = tömeg/térfogat [g/m³]
 - Nyomás (p) = erő/terület [Pa]
 - Légköri nyomás – adott magasságban a levegő oszlop által 1 m² felületre kifejtett erő
- Légkör sűrűsége és nyomása exponenciálisan csökken a magassággal



A légkör vertikális szerkezete – nyomás és sűrűség



- Légkör teljes tömege:
 $5 \times 10^{15} \text{ t}$
- A légkör tömegének $\approx 99\%$ -a a légkör alsó 30 km-es rétegében található
- **Miért nem repülnek a repülők 40 km-en vagy annál magasabban?**

A légkör vertikális szerkezete – felosztása tulajdonságok alapján

- Összetétel alapján
- Hőmérséklet eloszlás alapján
- Ionizáltság alapján

A légkör vertikális szerkezete – összetétel alapján

- Homoszféra
 - Felszíntől kb. 85 km magasságig
 - Relatív összetétel állandó
 - Vertikális légmozgások, turbulens diffúzió biztosítja az átkeveredést
- Heteroszféra
 - Összetétel a magasság függvénye
 - A levegő nagyon ritka => átkeveredési folyamatokhoz képest az egyes molekulák ütközés nélkül úthossza (szabad úthossz) nagyon hosszú
 - Rétegződés molekula súly alapján történik – minél nehezebbek, annál alacsonyabban vannak

A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján

Hőmérséklet def.:

Az atomok, molekulák átl. mozgási energiája. Szilárd testekben: rezgés, folyadékokban és gázokban: rezgés + haladás.

$$E = 3/2 N_A k T = 3/2 R T$$

$$N_A = 6,0225 \cdot 10^{23} \text{ [1/mol]} \text{ (Avogadro-szám)}$$

$$k = 1,380\,6505(24) \cdot 10^{-23} \text{ [J/K]} \text{ (Boltzmann-állandó)}$$

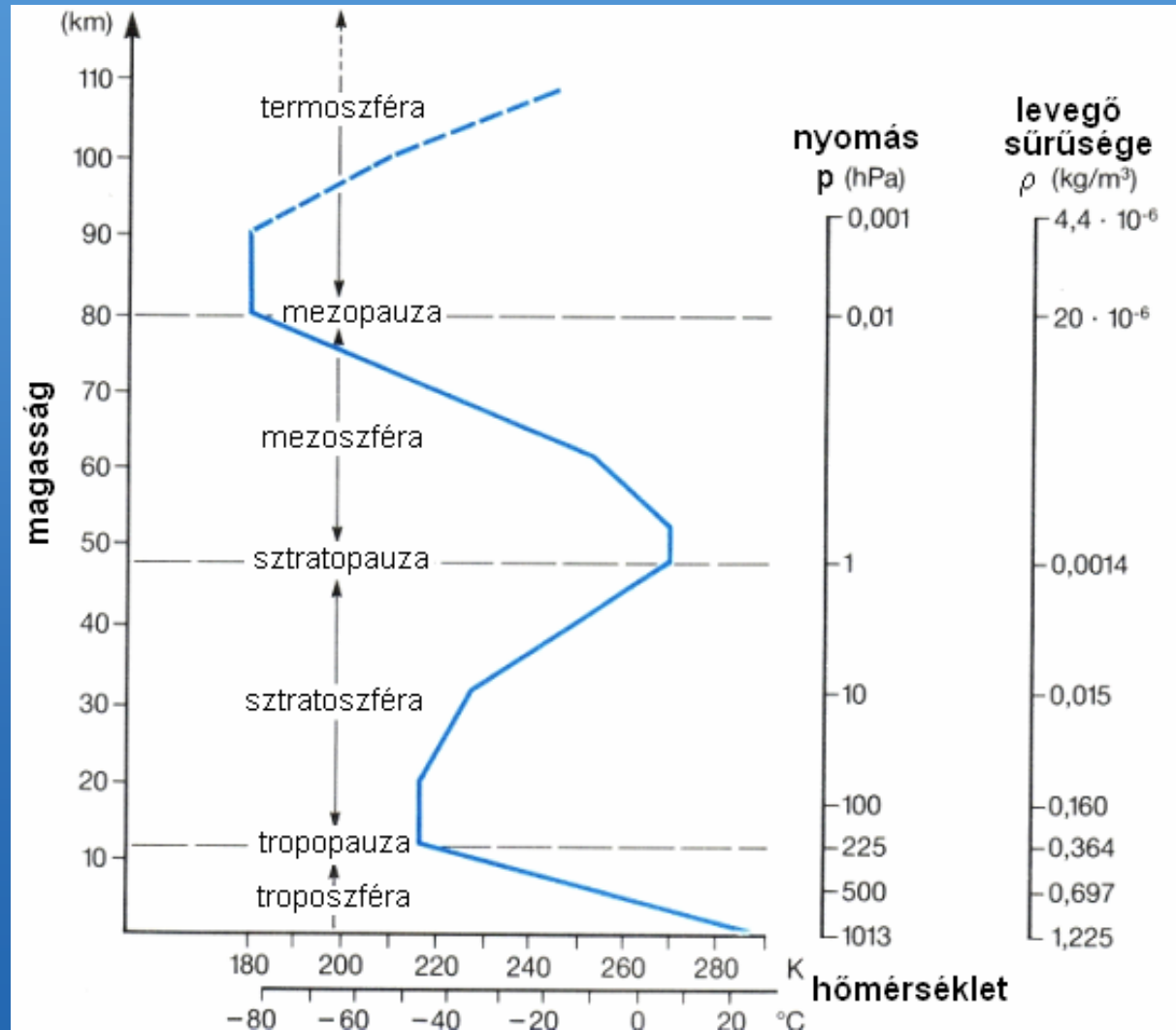
$$R = 8,314 \text{ [J/(mol*K)]} \text{ (általános gázállandó)}$$

Hőmérsékleti skálák:

A hőmérséklet mérésére szolgáló különböző hőfok-beosztású skálák.

- abszolút hőm.-i skála: Kelvin-skála:
 $T_K = 273,15 + t \text{ [}^\circ\text{C]}$
- Farenheit skála:
 $T_F = (32 + t \text{ [}^\circ\text{C]}) \times 9 / 5$

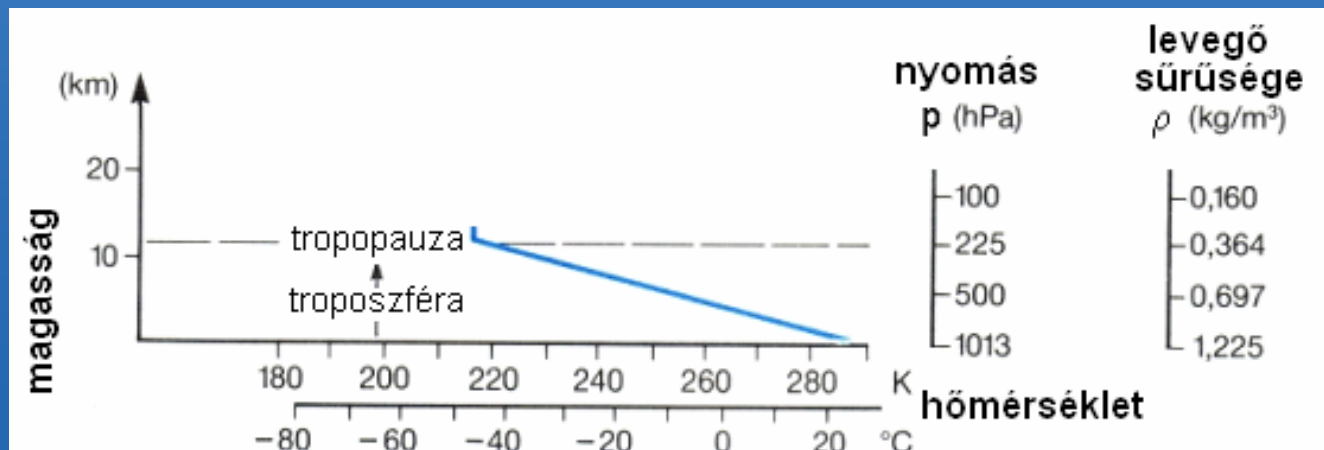
A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján



A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján

- Troposzféra

- Emelkedve a nyomás is csökken => levegő kitágul => sűrűség is csökken
- Földfelszíntől kap energiát => hőmérséklet csökken a magasság növekedésével
- Horizontális és vertikális mozgások =>
- Időjárás legnagyobb része ebben a rétegben zajlik



A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján

- Hőmérséklet rétegződése a troposzférában nem egyenletes

Vertikális hőmérsékleti gradiens:

$$\gamma = -dT/dz$$

Ha $\gamma < 0$: inverzió (a T a magassággal nő)

Ha $\gamma = 0$: izotermikus réteg

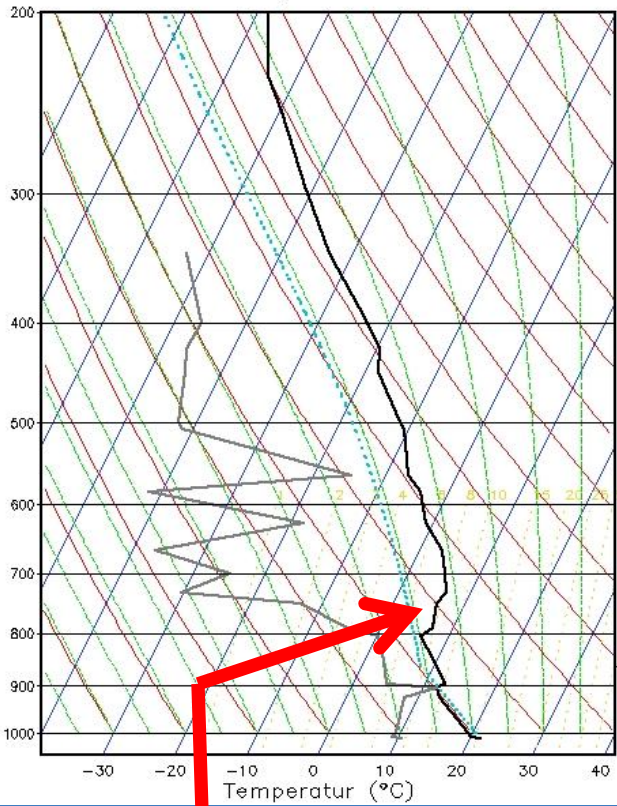
A légkör magasság szerinti eloszlása:

$$dp/dz = -g\rho \quad \text{/hidrosztatika alapegyenlet/}$$

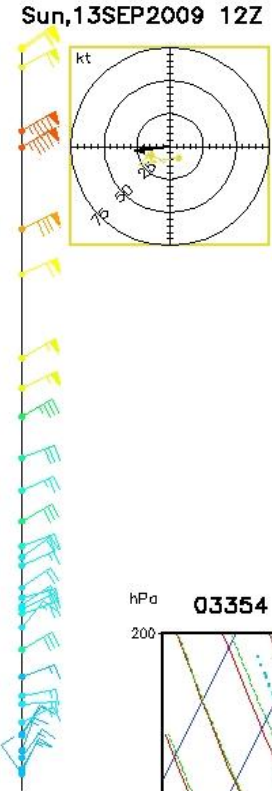
+ gázegyenlet ($pV = RT$)

$$\Rightarrow dp/p = -g / (R T) dz$$

07510 BORDEAUX/MERIGNAC 4450N 00042W



Mischungsverh. (g/kg)

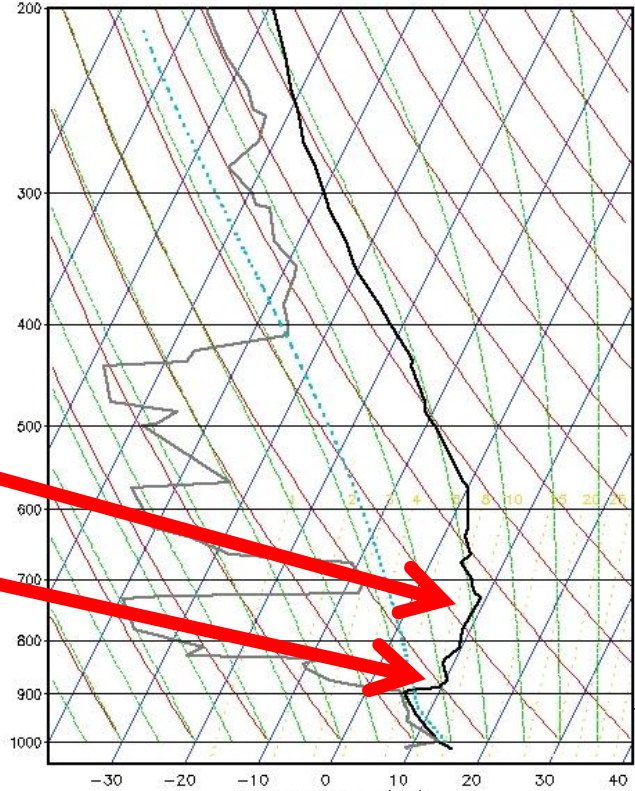


W1



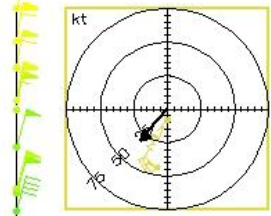
LCL

03354 NOTTINGHAM WX CTR 5300N 00115W



Mischungsverh. (g/kg)

Sun,13SEP2009 12Z



LCL

- Átlagos $\gamma \approx 6,5 \text{ }^\circ\text{C/km}$
- Időjárástól és évszaktól függően LOKÁLISAN az alsó kb. 2500 m rétegben változhat $\pm 1-10^\circ\text{C/km}$ is lehet

Inverzió

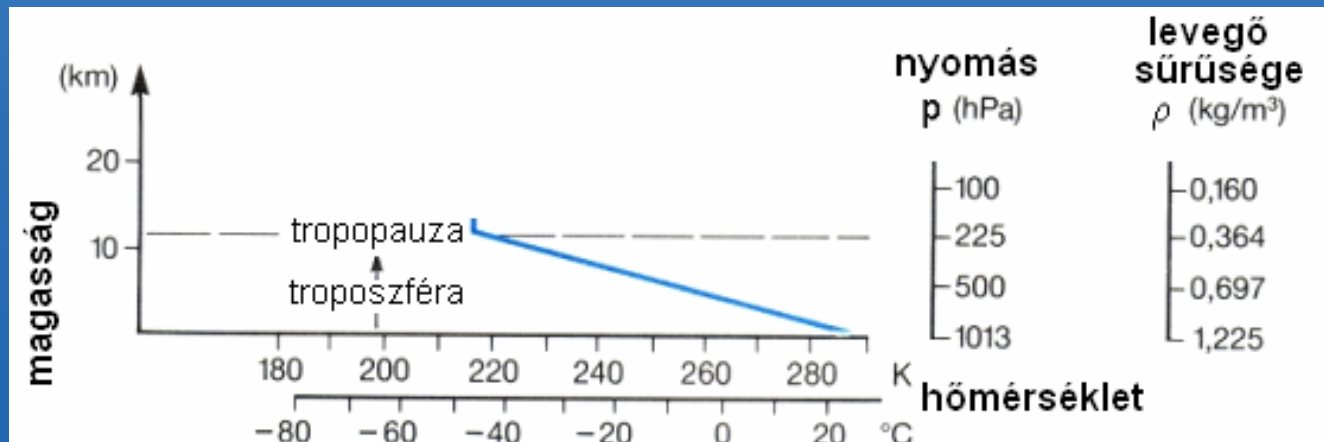
A légkör vertikális szerkezete – troposzféra szerkezete

- Lamináris réteg: felszínt borító néhány mm vastag légtömeg
- Felszíni réteg: vertikális anyagáram
 - éjjel: 20 - 30 m
 - nappal: 50 – 100 m
- Határréteg: 100 – 3000 m magasságig
 - horizontális és vertikális légmozgás
 - 1-2 óra alatt reagál a felszíni változásokra
 - felszíni hatások jelentősek (domborzat)
 - szennyezőanyag terjedés
- Szabad légkör: határrétegtől tropopauzáig
 - vertikális légmozgás elhanyagolható a horizontálishoz képest (kivéve zivatar felhők esetén)

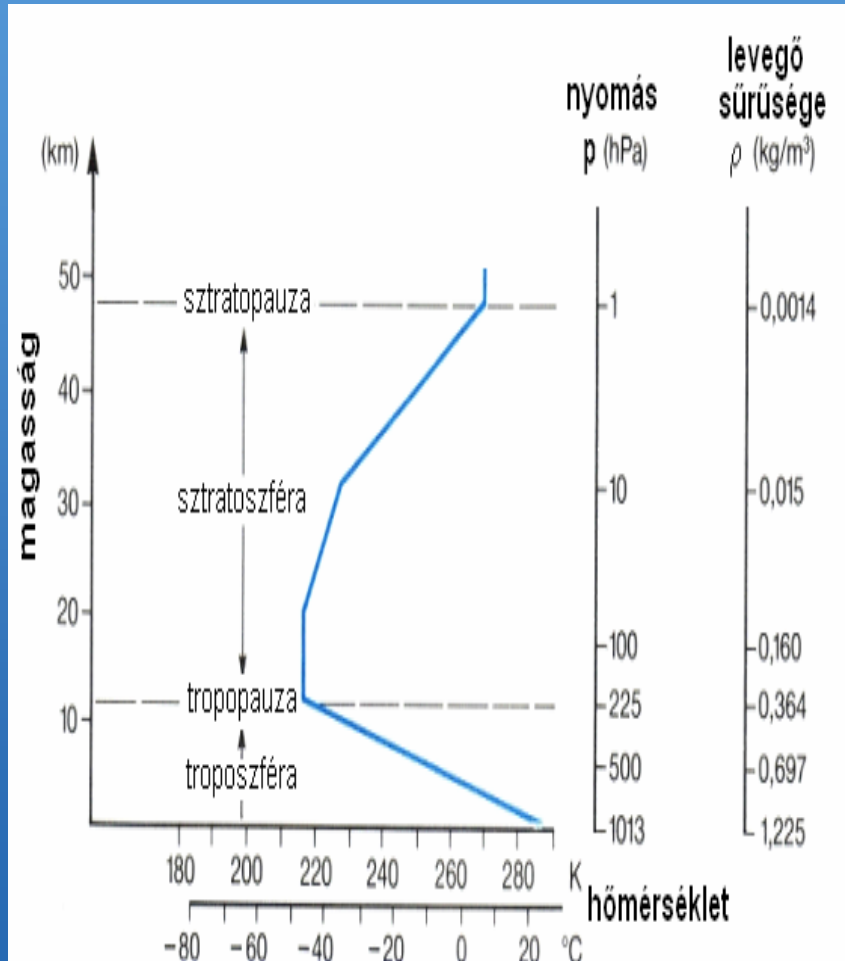
A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján

- Tropopauza

- Egyenlítő környékén 14-16 km, sarkoknál 6-8 km magasan
- Hőmérséklet változása kb. 2 km vastagságban $< 2^{\circ}\text{C}$
- csak „szakadás” hatására van anyagcsere troposzféra és a felette levő légréteg között

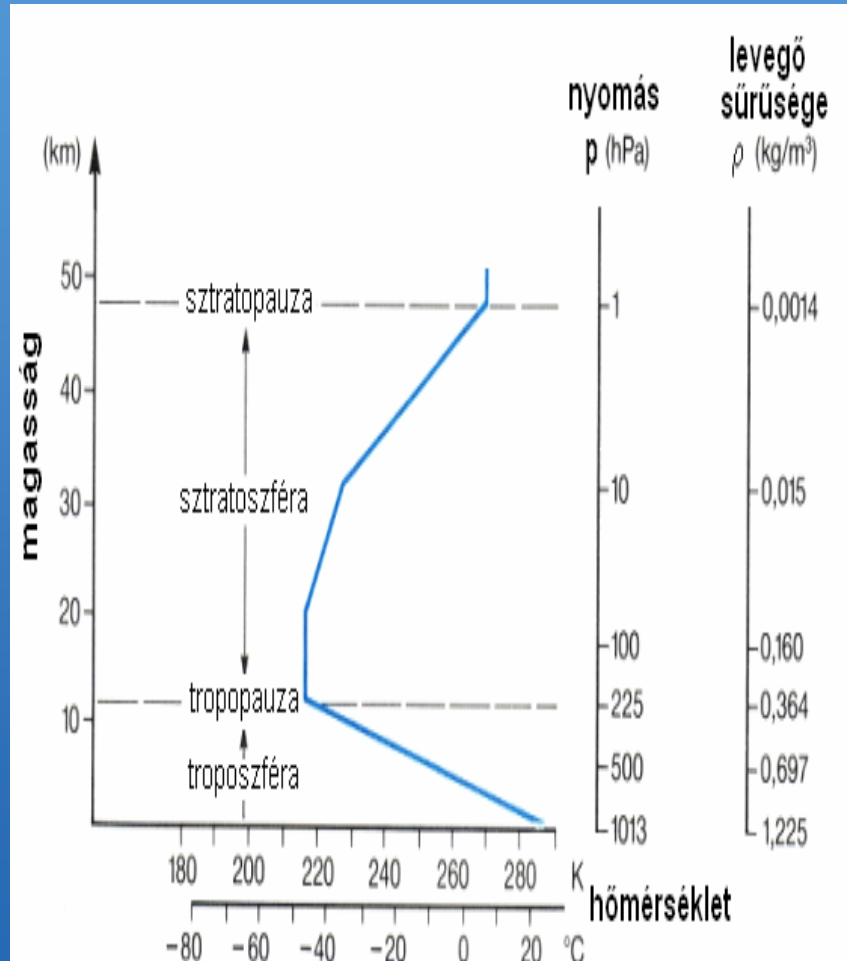


A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján



- Sztratoszféra
 - Miért növekszik a hőmérséklet a magassággal?

A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján



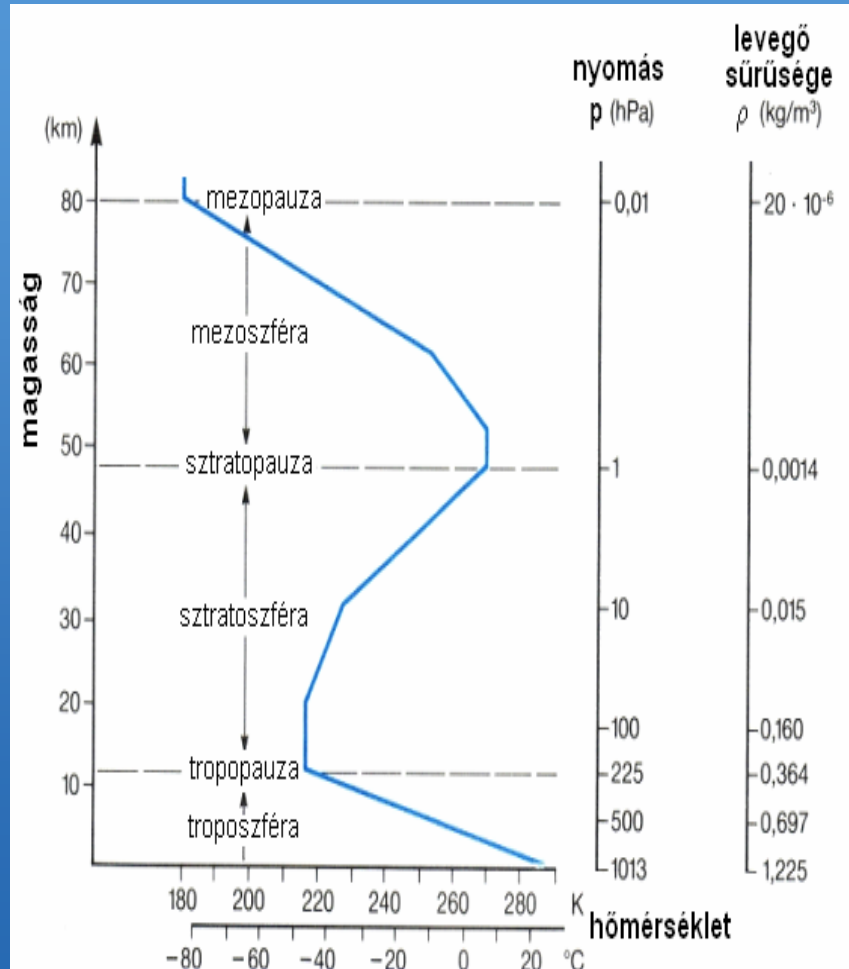
- Sztratoszféra

- Miért növekszik a hőmérséklet a magassággal?

- Válasz: a sztratoszférában található O_3 elnyeli a Napból érkező UV sugárzást => energia többlet => hőmérséklet emelkedés

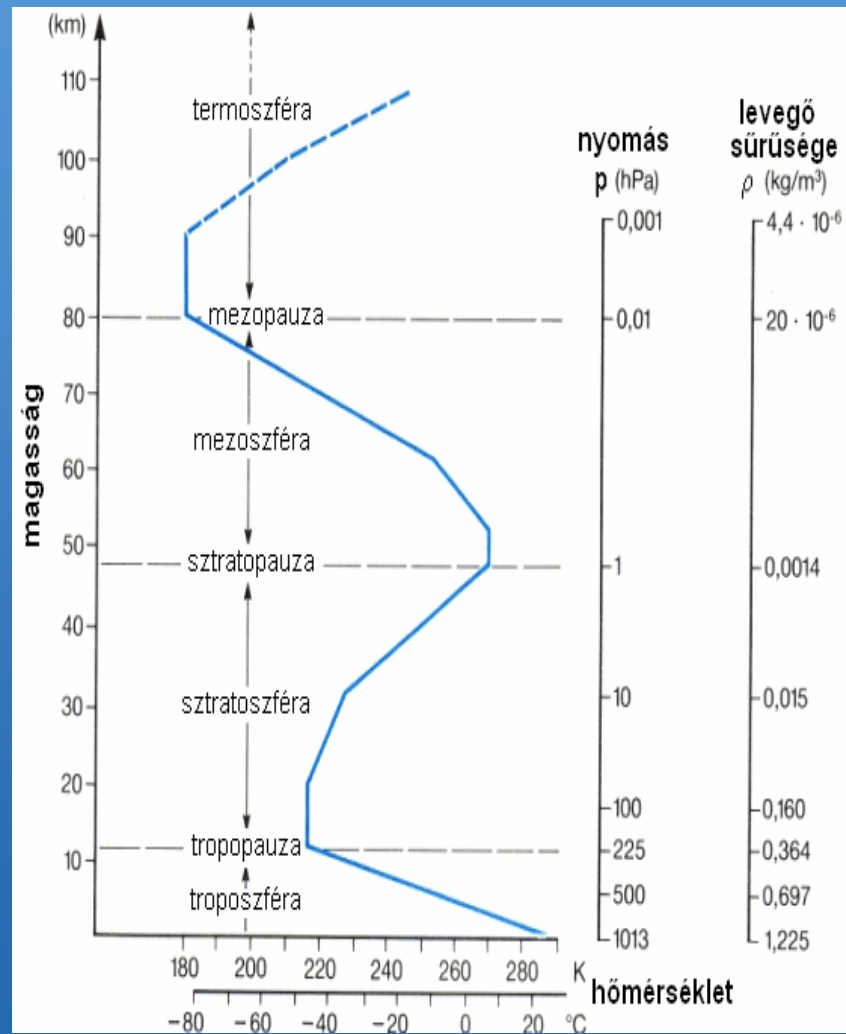
- Sztratopauza (kb. 50 km)
~ Tropopauza

A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján

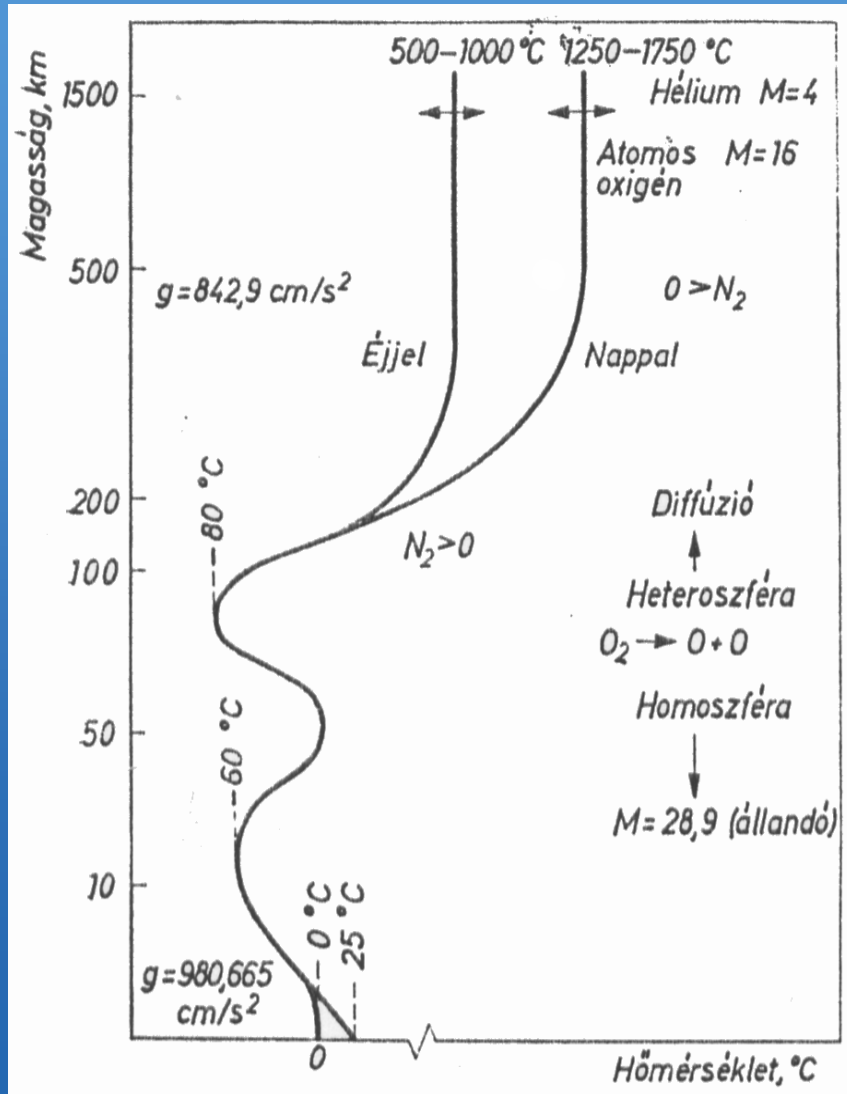


- Mezoszféra
 - Hőmérséklet csökken a magassággal
 - A légkör hőmérséklete a mezoszféra tetején a legalacsonyabb
 - Molekulasúly lassan csökkenni kezd
- Mezopauza
 - kb. egybeesik a homoszféra és heteroszféra határával (kb. 85 km)

A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján



A légkör vertikális szerkezete – hőmérséklet eloszlás alapján



• Termoszféra:

- Kb. 85 – 400 km
- Hőmérséklet a magassággal emelkedik – molekulák rövid hullámú sugárzást nyelnek el
- Anyagok szerinti szétválás

• Exoszféra:

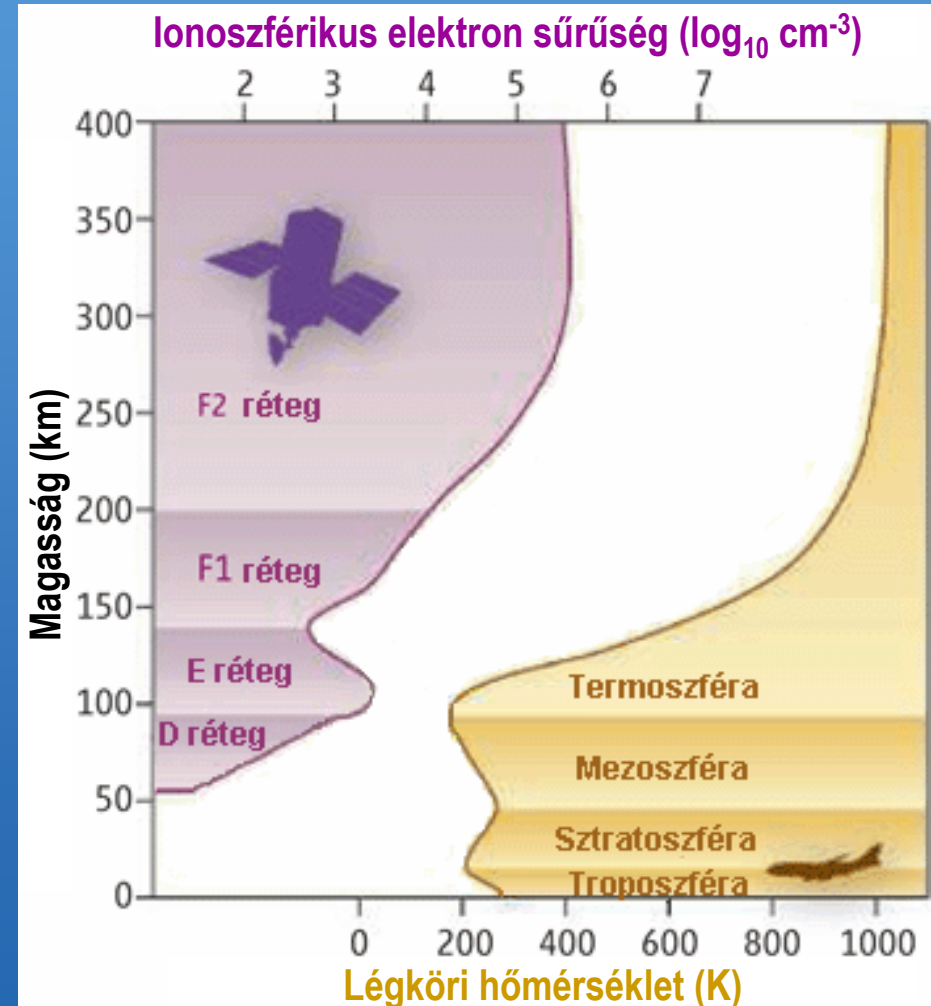
- Kb. 400 – 1500 km
- molekulák és atomok nagy sebességgel ballisztikus pályán haladnak
- H₂ elérheti az elszakadási sebességet

A légkör vertikális szerkezete – ionizáltság alapján

- Heteroszférában:
 - Kozmikus-, napsugárzás nagy energiájú – ionizálja a légköri részecskéket
 - A molekulák szabad úthossza nagy
 - Töltött (pozitív vagy negatív) részecskék jelennek meg
- Ionosféra: Alsó határa: ahol a max. behatoló-képességű sug. már elegendő e-ion párt kelt ahhoz, hogy a rádióhullámok terjedését észrevehetően befolyásolják
- Ionosféra szerepe – távközlés – rádió hullámok terjedése

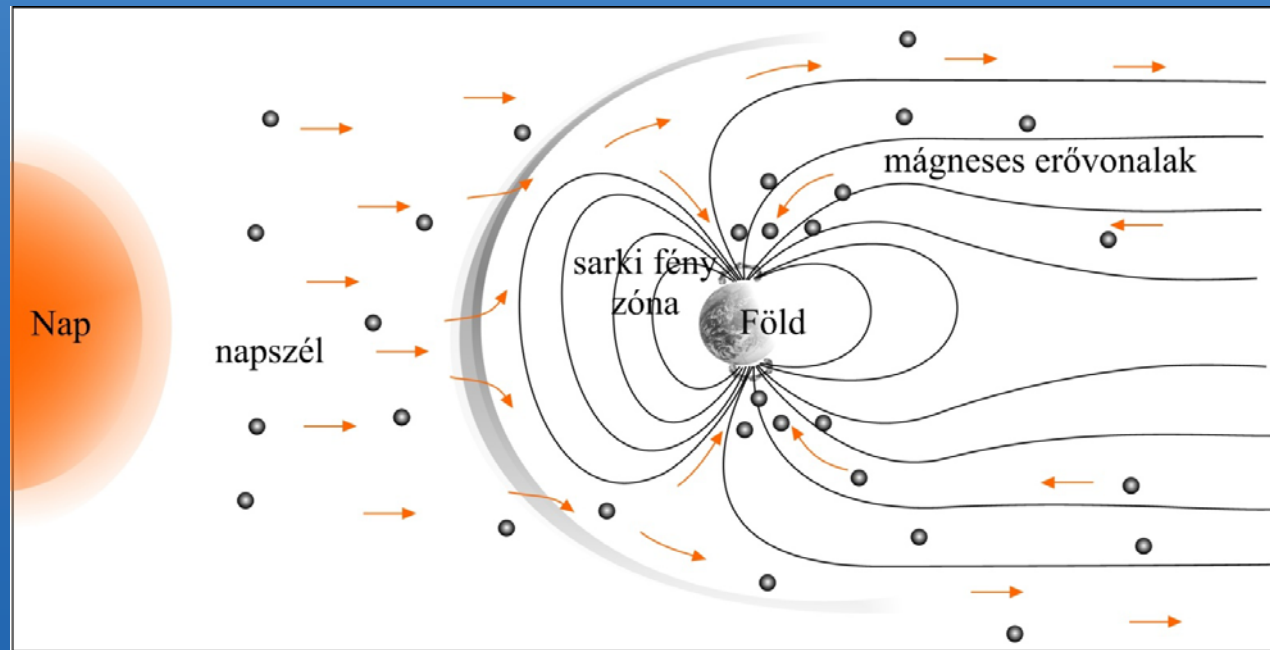
A légkör vertikális szerkezete – ionizáltság alapján

- Ionoszféra rétegei
 - D réteg – 50-90 km, csak nappal, alacsony hullámhosszú rádió hullámok elnyelése
 - E réteg – 90-120 km
 - F réteg – 120-400 km, napközben F1 és F2 rétegre osztható, rádió hullámok visszaverése a felszín felé



A légkör vertikális szerkezete – ionizáltság alapján

- Magnetoszféra:
 - Teteje a magneto-pauza a légkör felső határa, mely a napszél és a földi mágn. tér kölcsön-hatásaként alakul ki.
- A gáz mozgását már nem a gravitáció, hanem a földi mágneses tér és a plazma kapcsolata hat. meg.



A légkör vertikális szerkezete – ionizáltság

Auróra jelenség:

- Napkitörések – nagy mennyiségű plazma kerül a pólusoknál az ionoszférába
- Ionizált és gerjesztett állapotú O, O₂, N₂



A Naprendszer többi tagja

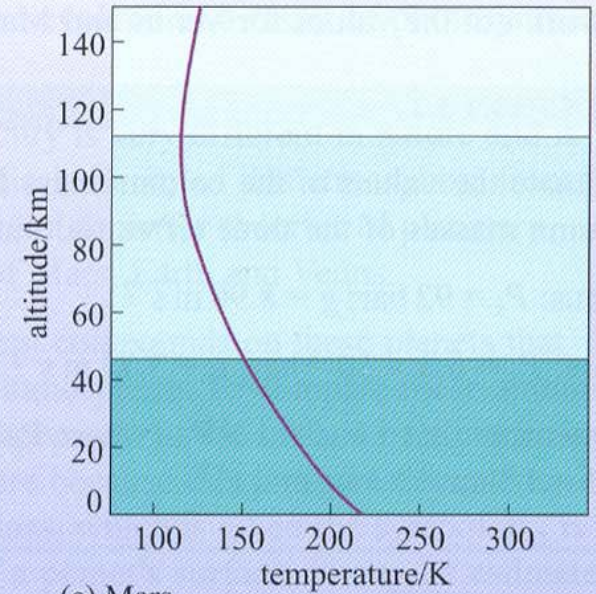
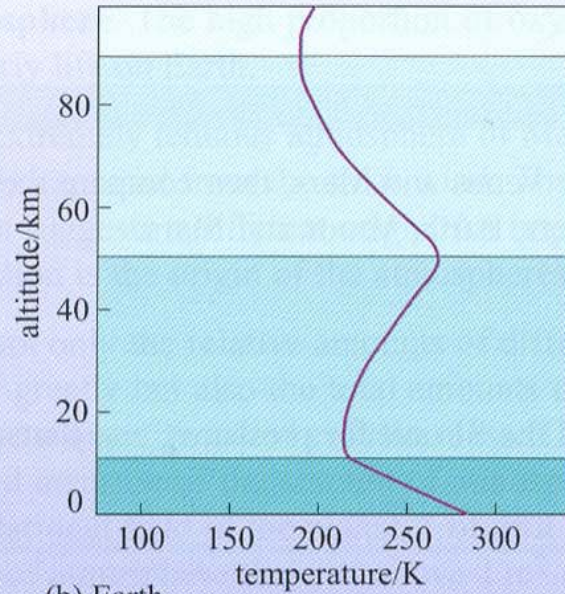
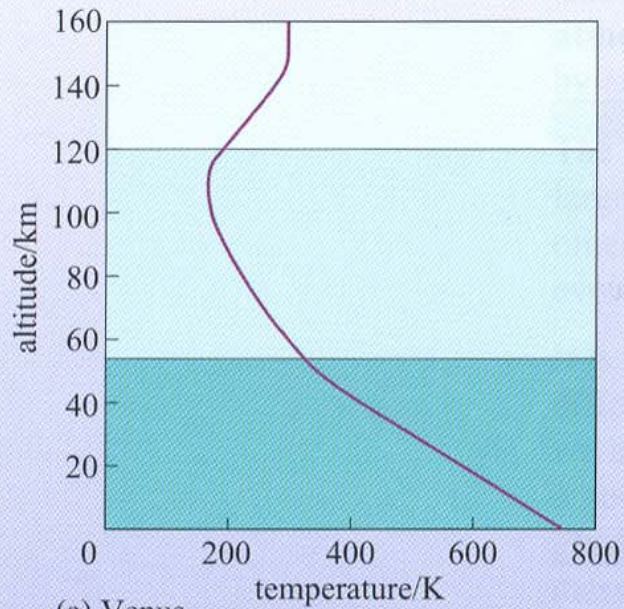
Adatok a Napról és a bolygókról

Átmérő Átl. naptávolság Átl. felszíni hőm. Főbb légköri komponens

	Kilometer	Millions of km	°C	
Neptun	$1,392 \times 10^3$		5,800	—
Mercury	4,880	58	260*	—
Venus	12,112	108	480	CO ₂
Föld	12,742	150	15	N ₂ , O ₂
Mars	6,800	228	-60	CO ₂
Jupiter	143,000	778	-110	H ₂ , He
Saturn	121,000	1,427	-190	H ₂ , He
Uranus	51,800	2,869	-215	H ₂ , CH ₄ ,
Neptune	49,000	4,498	-225	H ₂ , CH ₄ , ?
Pluto	3,100	5,900	-235	CH ₄ , ?

*Sunlit side.

A Naprendszer többi tagja



thermosphere mesosphere stratosphere troposphere

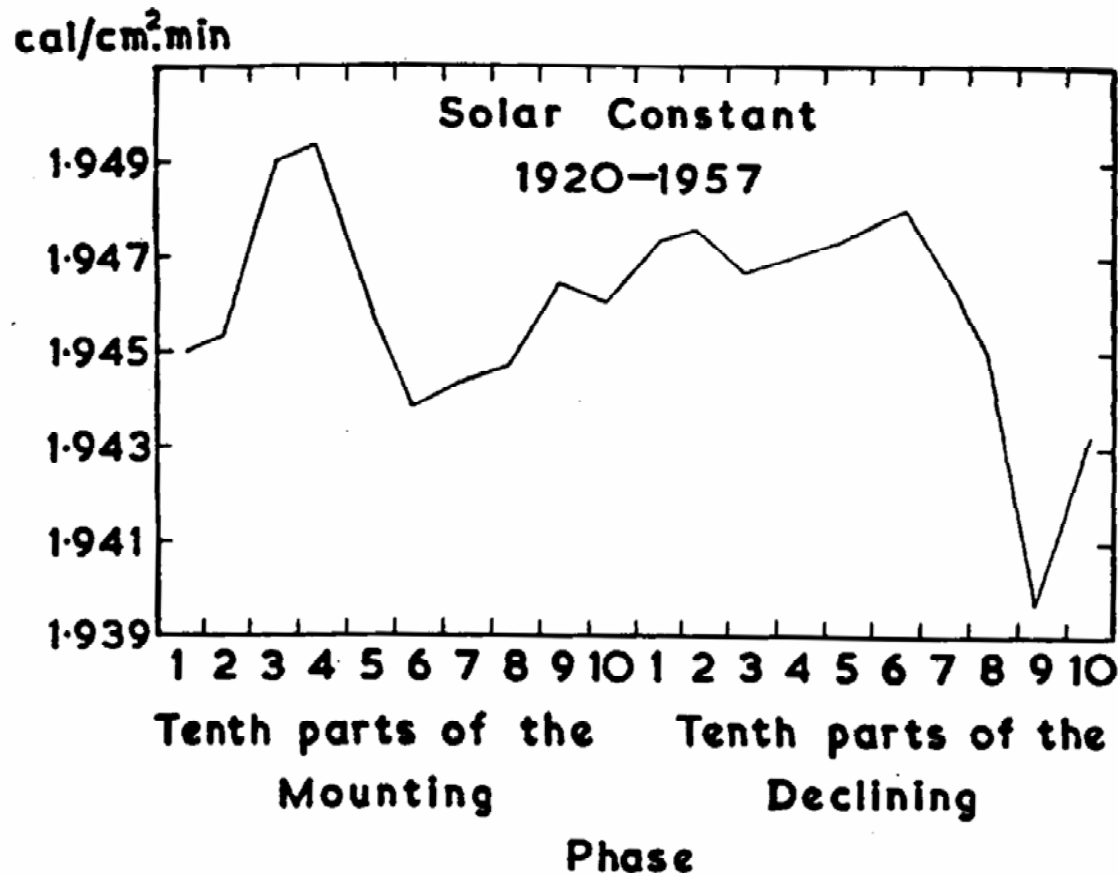
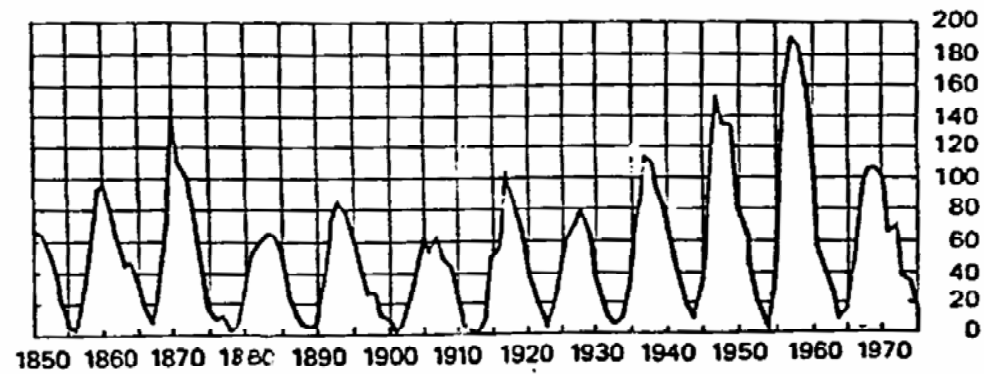
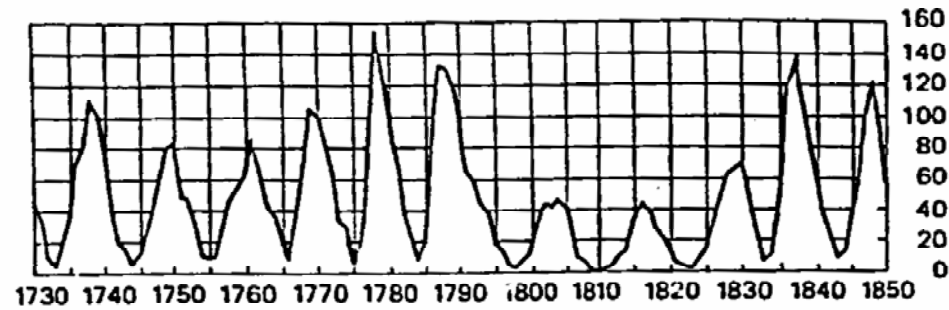
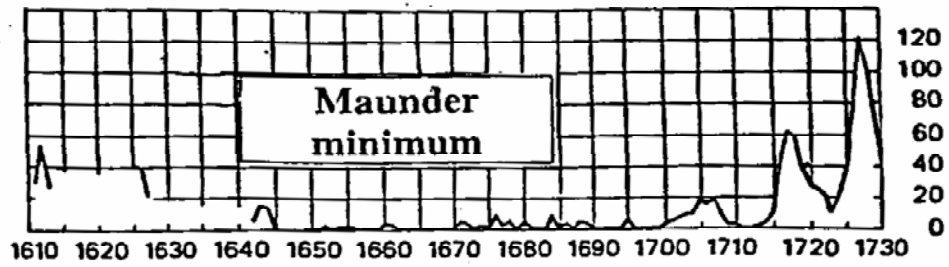


Fig. 2.1 Average variation of the solar constant from phase to phase of the 11-year sunspot cycle. (After BAUR.)
From monthly values of 'preferred solar constant' (C. G. ABBOT).

A Földre érkező napsugárzás intenzitása nem állandó, 11 éves periodicitást mutat.

Napállandó:

A Föld közepes naptávolságában a Napra merőleges 1 m²-es felületen 1 másodperc alatt áthaladó energia mennyisége.
Értéke: 1370 W/m²



**Évi közepes napfoltszám
1600-1980**

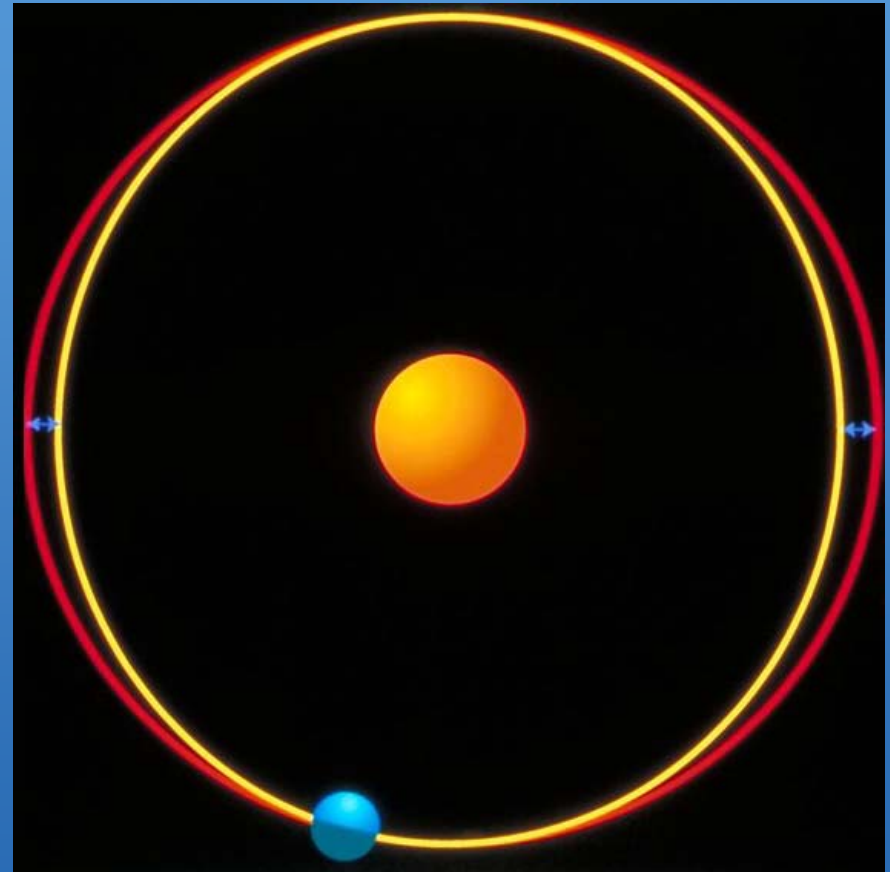
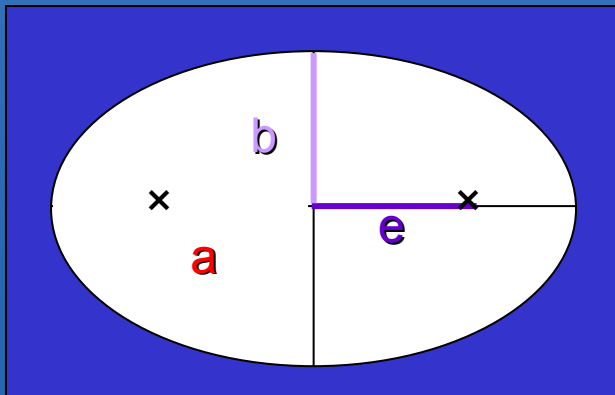
Csillagászati hatások

(melyek módosítják a Földfelszínre érkező sugárzás mennyiségét)

- Excentricitás
- Tengelyelhajlás
- Szögsebesség változás
- Perihelion eltolódás
- Évszakok váltakozása

Csillagászati hatások – excentricitás

- Orbitális pálya
excentricitása változó
 - Periodusidő ≈ 95000 év
 - Min. – Max.: 0,01 – 0,07
 - Hatás: minél nagyobb az
excentricitás az
évszakok közt annál
nagyobb a különbség

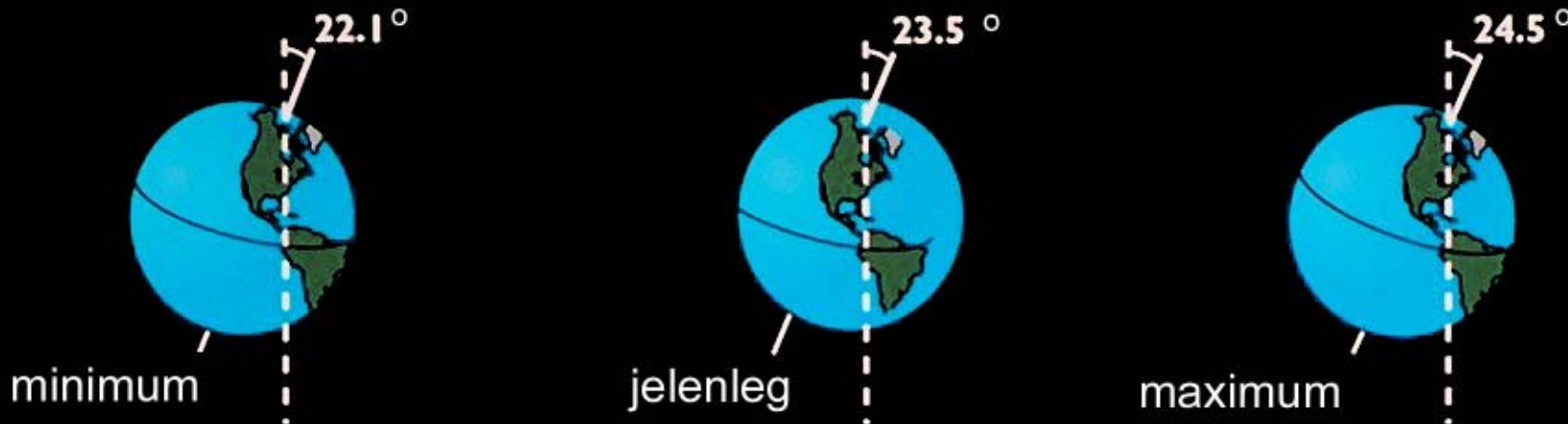


Lineáris exc.:

$$\varepsilon = e / a \\ = 0,0167$$

Csillagászati hatások – tengelyelhajlás

A Föld tengelyferdesége 24,5 fok és 22,1 fok között változik, kb. 41000 éves ciklusban



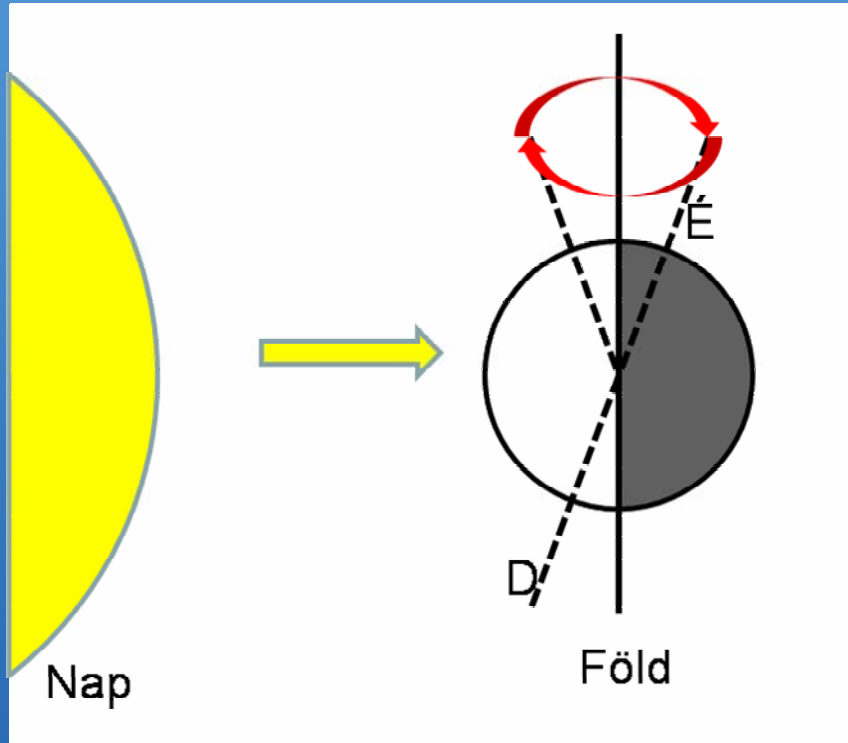
A tengelyferdeség befolyásolja a Föld felszínére jutó sugárzás eloszlását. Ha csökken a dőlés, a sarki területek kevesebb napfényt kapnak; ellenkező esetben többet.

Periódusidő ≈ 41000 év



A változás értéke: $0.00013^\circ/\text{év}$

Csillagászati hatások – tengely körüli forgás változása



- Tengely körüli forgás változása:
 - Periódusidő: \approx 21000év

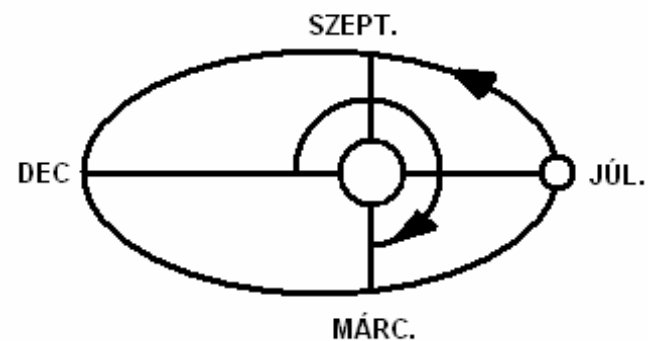
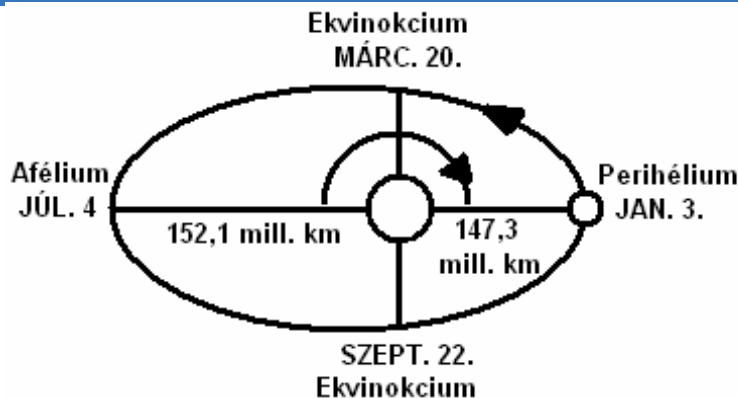
Csillagászati hatások – tengely körüli forgás változása

- Perihélium eltolódás
 - Periódusidő: ≈ 22000 év , 1 nap/ 70 év
 - Északi félteken nyári félév: márc. 21.–szept. 22.
 - Déli félteken nyári félév: szept. 22.–márc. 21.
 - Az északi félteken 5 nappal hosszabb a nyári félév, mint a déli félteken.

Ekvinokcium:
napéjgyenlőség

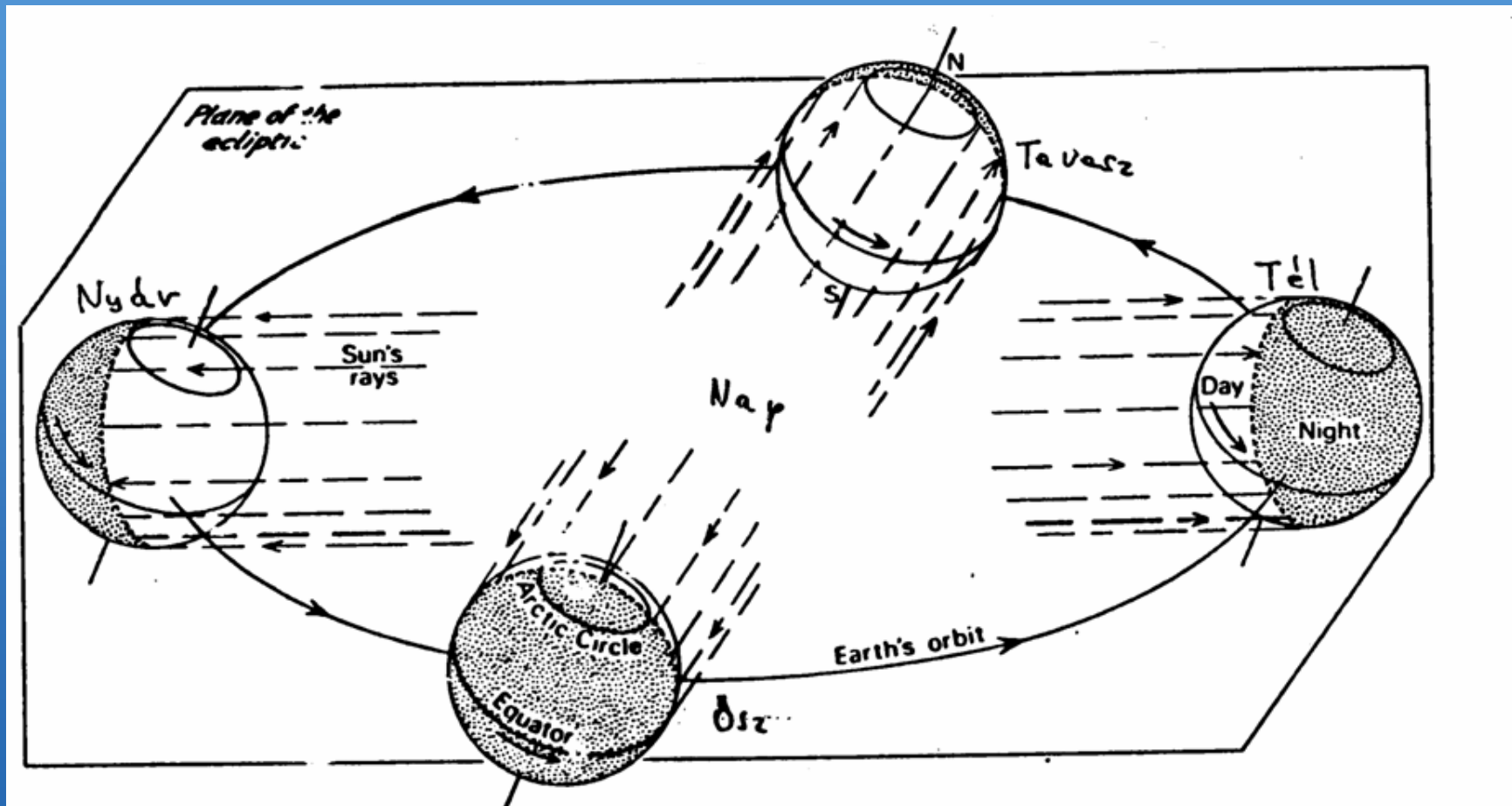
Perihélium:
napközelpont

Afélium:
naptávolság



11 év múlva

Csillagászati hatások – évszakok változása

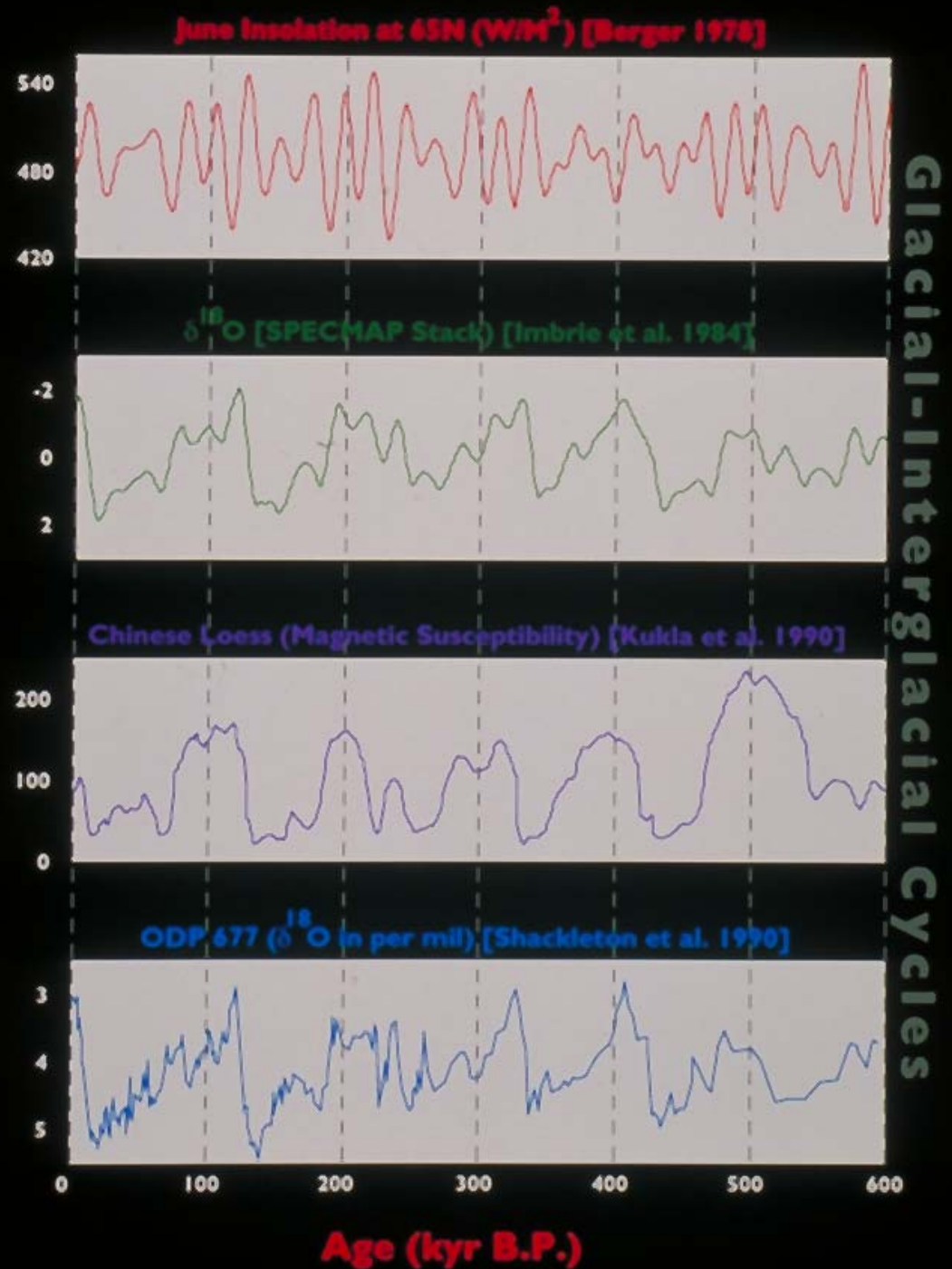


Az éghajlat változásának okai:

- Csillagászati hipotézisek:
 - Milankovics–Bacsák: a Föld pályaelemeinek periodikus változásai okozzák az éghajlat-ingadozásokat
- Fizikai hipotézisek
- Geológiai hipotézisek

Negyedidőszak utolsó
400.000 évének idősorai
hasonlóságot mutatnak:

1. Csillagászati hatások
szuperponáltja
2. Tengeri fosszíliák
izotópelemzése (O^{18})
3. Kínai löszpadok
rétegelemzése
4. Antarktisi
jégfuratminták
elemzése (O^{18})



Ajánlott irodalom: a JEGYZET

Czelnai Rudolf : Bevezetés a
meteorológiába I-III.
ELTE jegyzet, Budapest,
1993

Dr. Péczeli György: Éghajlattan.
Nemzeti Tankönyvkiadó,
Budapest, 2006