

KLIMATS

ATMOSFĒRAS SASTĀVS UN UZBŪVE

Gunita Meiere

2021

ATMOSFĒRA

- Atmosfēra ir Zemes gaisa apvalks. Tā ir gāzu, ūdens tvaiku un dažādu putekļu maisījums.
- Atmosfērai ir izšķiroša loma dzīvības nodrošināšanai uz Zemes.
- Atmosfēra radusies pirms $\sim 4,5$ miljardiem gadu no gāzēm, kas izdalījās no mantijas.



Atmosfēras parādības

- Atmosfēras parādībām - laikapstākļiem ir svarīga nozīme dabas vides procesu norisēs, tie ietekmē cilvēka dzīvesveidu un darbību, īpaši lauksaimniecībā un transportā.
- Attēlā - tuvojas tropiskā vētra “Katrīna”, ASV 2005. gadā.



Zemes atmosfēras rašanās

- Pašreizējais atmosfēras sastāvs radies zemeslodes ilgajā attīstības gaitā. Sākotnēji Zemes atmosfēra sastāvēja no metāna, amonjaka, ūdens tvaikiem un ūdeņraža. Tā neaizkavēja kosmisko elektromagnētisko starojumu, tādēļ pirmie dzīvie organismi attīstījās ūdenī.
- Mūsdienu atmosfēra izveidojās pēc fotosintezējošo organismu rašanās. Tie spēja saistīt ogļskābo gāzi un ūdeni, veidojot ogļūdeņražus un skābekli. Vienlaikus pieaugot skābekļa koncentrācijai gaisā, izveidojās Zemes ozona slānis un tagadējais atmosfēras gaisa sastāvs.

Zemes atmosfēras rašanās

- Gaiss ir gāzu maisījums, kas sastāv no slāpekļa, skābekļa, argona, ogļskābās gāzes un citām gāzēm.
- Mūsdienu atmosfēru veido: 78,08% slāpeklis, 20,95% skābeklis, 0,93% argons un citas gāzes 0,04% (ogļskābā gāze 0,035%, neons, hēlijs, metāns, kriptons, slāpekļa dioksīds, ūdeņradis, ozons 0,00007%).

Zemes atmosfēras gāzes

- Slāpeklis rodas sadaloties organiskajām vielām. Tas nepieciešams augu augšanai.
- Skābeklis atmosfērā rodas organismu fotosintēzes procesā. Tas organismiem nepieciešams elpošanai.
- Ogļskābā gāze gaisā nokļūst vulkānu izvirdumos, organismiem elpojot un arī fosilā kurināmā sadedzināšanas rezultātā. Ogļskābā gāze absorbē garo viļņu radiāciju (siltuma starojumu). Tās daudzums atmosfērā palielinās līdz ar klimata pasiltināšanos.

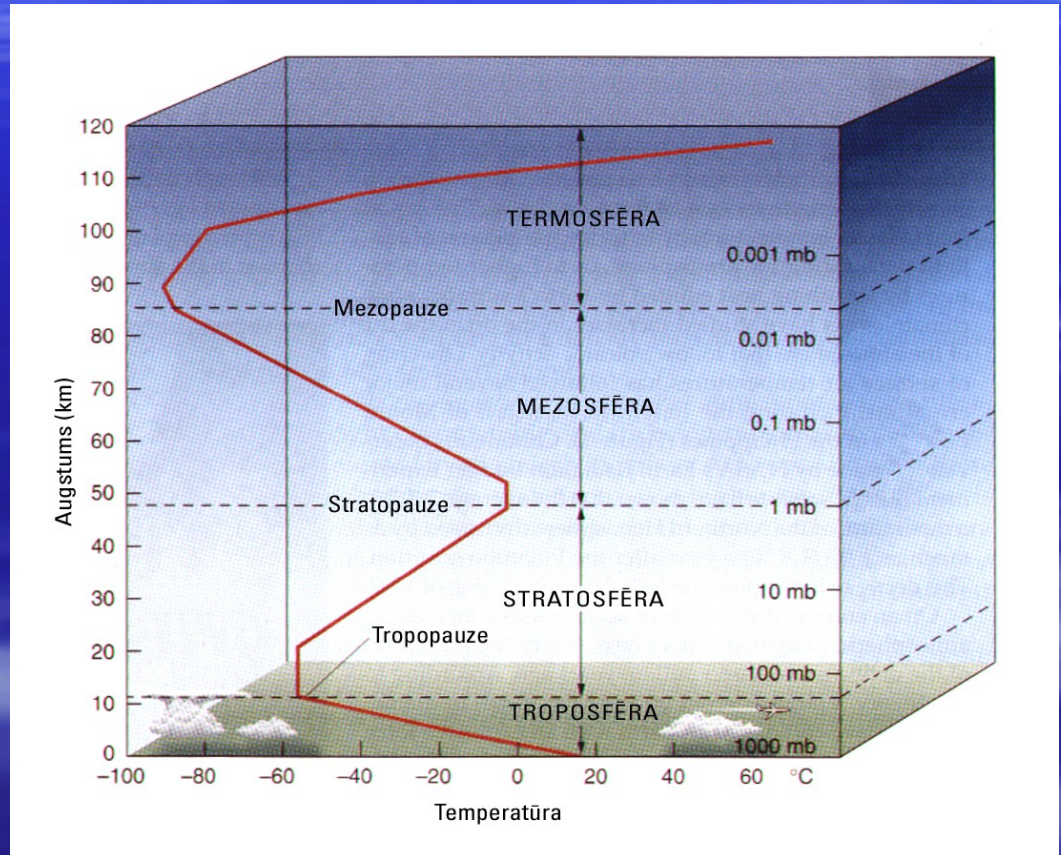
■

Zemes atmosfēras gāzes

- Ūdens tvaiku daudzums atmosfērā ir ļoti mainīgs (no 0,5% līdz 4%). Vislielākais to daudzums ir piezemes gaisa slānī ekvatoriālajā klimata joslā, bet paceļoties augšup to daudzums strauji samazinās. Ūdens tvaiki absorbē gan saules starojumu, gan zemes virsmas siltuma starojumu, tādējādi samazinot gaisa temperatūras svārstības.
- Bez tam gaisā atrodas sīkas putekļu, pelnu un sāļu daļiņas (kas nokļuvušas gaisā iztvaikojot jūras ūdenim).
- Gaisā esošās cietās un šķidrās daļiņas kopā sauc par aeorosoliem.

Atmosfēras zonas

- Pēc temperatūras sadalījuma, atmosfērā nodalās četras zonas, no kurām katra raksturojas ar temperatūras un atmosfēras spiediena izmaiņām: **troposfēra**, **stratosfēra**, **mezofēra** un **termosfēra**.

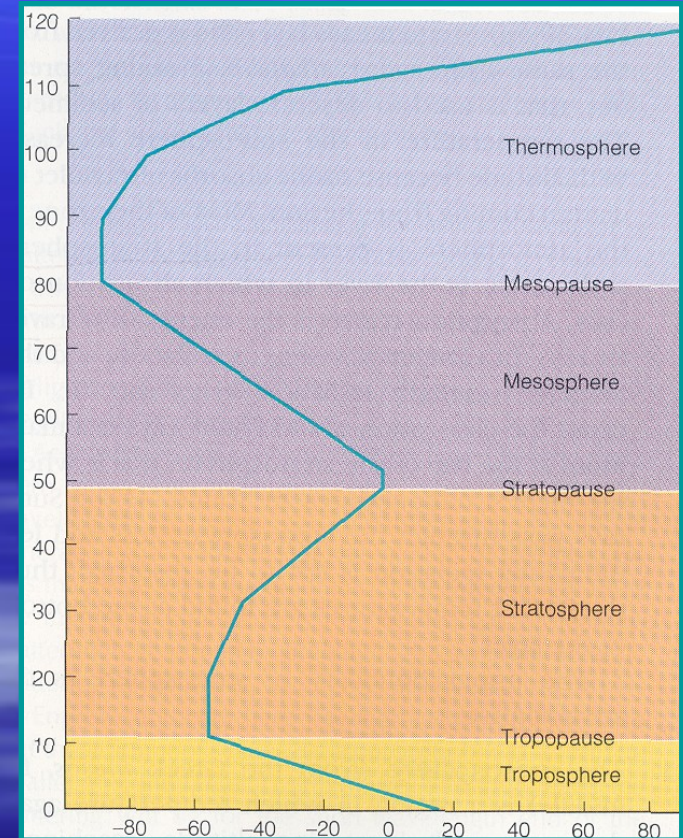


Atmosfēras uzbūve

Atmosfēras zonas	Temperatūra, °C		Temperatūras gradients, °C/ km	Augš.un apakš. rob.plat. līdz j.l.	Raksturīgās vielas
	Apakšējā robeža	Augšējā robeža			
Troposfēra	15	-56	-6,45	0 - 6-16	N ₂ , O ₂ , CO ₂
Stratosfēra	-56	-2	+1,38	10 - 10-50	O ₃
Mezosfēra	-2	-92	-2,56	50-85	O ₂ ⁺ , NO ⁺
Termosfēra	-92	+120	+3,11	85 -500	O ₂ ⁺ , NO ⁺

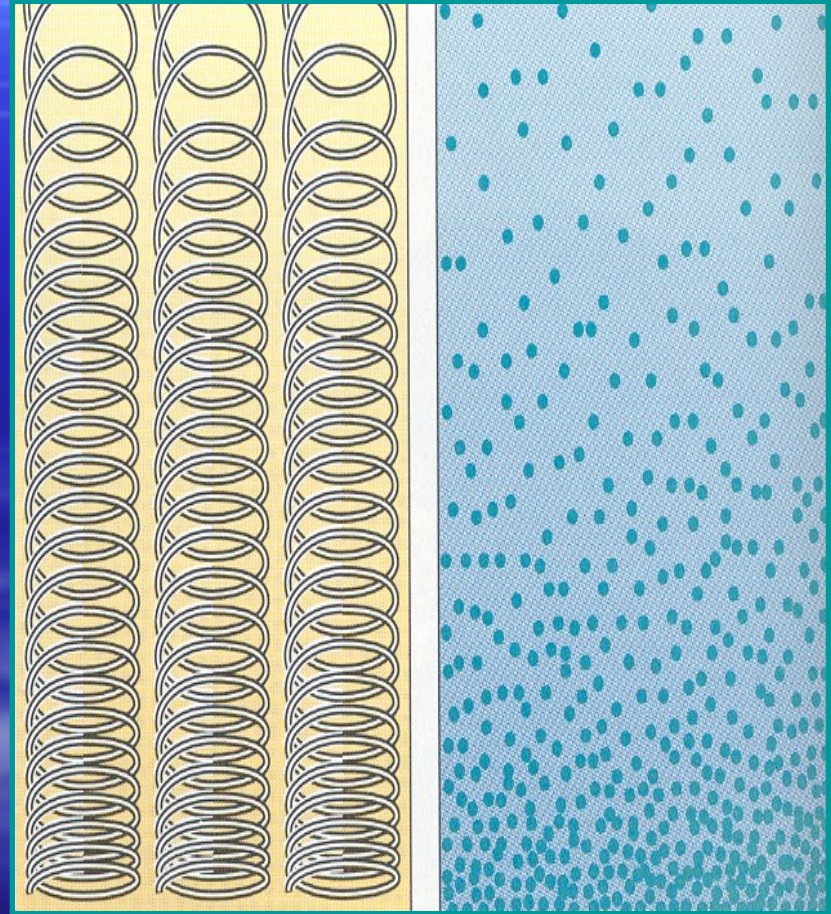
Troposfēra

- **Troposfēra** ir zemākais atmosfēras slānis, kurā notiek pakāpeniska gaisa temperatūras pazemināšanās, attālinoties no Zemes virsas (uz katriem 100 m par $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$).



Troposfēra

- **Troposfēra** ir zemākais atmosfēras slānis, kurā atrodas lielākā atmosfēras masas daļa (apmēram 80%).



Troposfēra

- Troposfērā noris gaisa masu un siltuma horizontāla un vertikāla kustība un pakāpeniska sajaukšanās.
- Te koncentrēti gandrīz visi ūdens tvaiki, putekļi, veidojas mākoņi un nokrišņi, gaisa masas, atmosfēras frontes, attīstās cikloni un anticikloni.



Troposfēra

- Troposfērā noris galvenās parādības, kas nosaka laikapstākļus un klimatu.
- Augšupejošās gaisa strāvas (konvekcija) var sasniegt troposfēras augšējo robežu.



Tropopauze

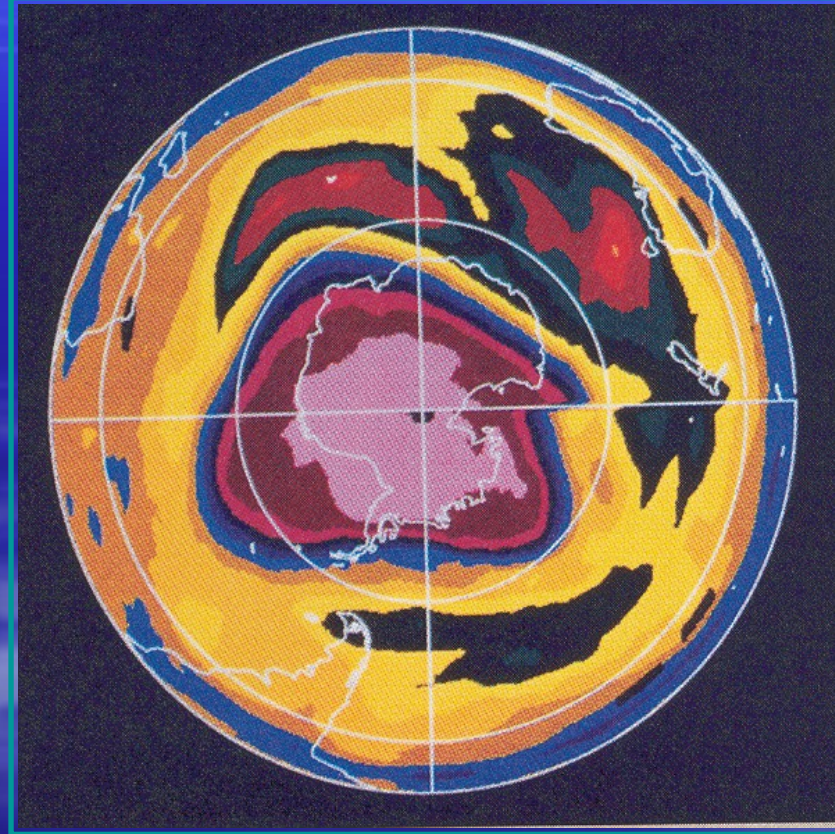
- **Tropopauze** ir pirmais sliekšnis, tā ir robeža starp troposfēru un stratosfēru, tropopauzē sākas temperatūras inversija.
- Temperatūras inversija ir parādība, kad siltāks gaiss atrodas virs vēsāka gaisa.
- **Tropopauze** ir 1-2 km biezs atmosfēras pārejas slānis starp troposfēru un stratosfēru. Virs tropopauzes gaisa temperatūra vairs nesamazinās. Aiz polārā loka tropopauze atrodas 8-10 km augstumā, mērenajos platumos 10-12 km, ekvatora tuvumā 16–18 km augstumā. Troposfēras atšķirīgs biezums dažādos platuma grādos rodas centrālās spēku ietekmē, ko izsauc Zemes griešanās.

Stratosfēra

- **Stratosfēra** (grieķu valodā „lēzeni guļošs”) ~10-50 km; ~20 km augstumā gaisa temperatūra sāk pieaugt.
- Novērojama temperatūras inversija. Inversijas reģionā virs izotermālajiem slāņiem, kaut arī mazāk, tomēr saglabājas troposfēras vertikālās plūsmas. Neskatoties uz temperatūras pieaugumu, 30 km augstumā ir ekstremāli auksts, vidēji -46°C .
- **Stratosfēra** ir atmosfēras slānis starp troposfēru un mezosfēru. Tas sasniedz apmēram 50 km augstumu un tajā atrodas apmēram 20% atmosfēras masas. Stratosfērā gaisa temperatūra līdz ar augstumu pieaug. Tas izskaidrojams ar stratosfērā esošo ozona slāni.

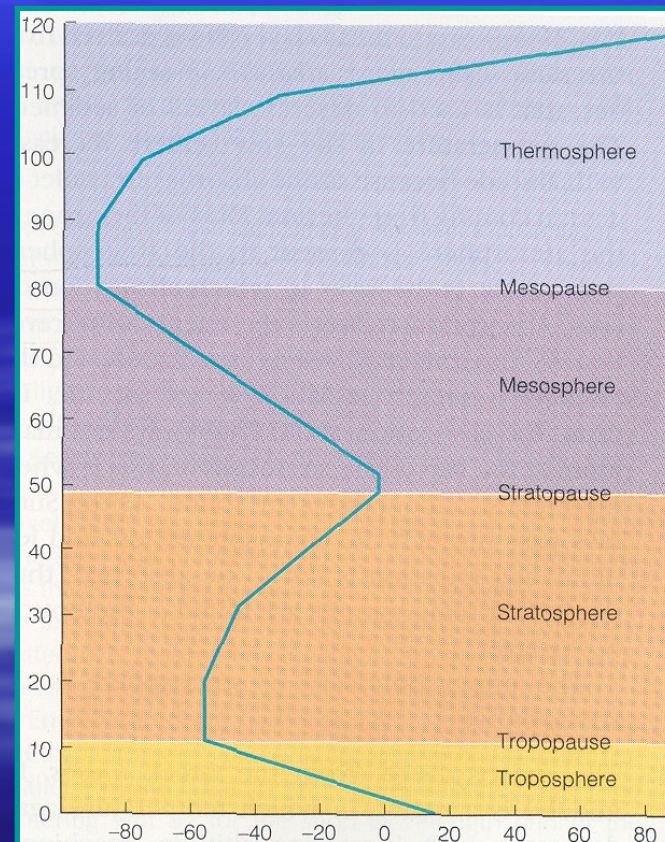
Stratosfēra

- Ozons gandrīz pilnībā absorbē saules ultravioleto starojumu, kā rezultātā gaiss sasilst.
- Ozona slānis nodrošina dzīvības saglabāšanos uz Zemes, jo palielināts ultravioletā starojuma daudzums varētu postoši iedarboties uz dzīvajiem organismiem.
- Virs polu rajoniem ir konstatēti ozona caurumi. Stratosfērā ir ļoti maz ūdens tvaiku un tai raksturīgi spēcīgi vēji un vētras.



Mezofēra

- **Mezofēra** ir atmosfēras slānis virs stratosfēras (50 – 85 km). Te ozona vairs nav, un gaisa temperatūra palielinoties augstumam strauji pazeminās.
- Mezofērā gaiss ir stipri retināts.
- Mezofēras augšējā daļa ir aukstākā atmosfēras daļa.
- Mezofērā ir ļoti mazs gaisa blīvums, kaut gan N un O₂ relatīvais daudzums ir tāds pats kā piezemes slānī.



Termosfēra

- **Termosfērā** , kas atrodas virs mezosfēras, gaisa molekulu ir tik maz, ka to kinētiskās enerģijas dēļ temperatūra atkal paaugstinās.
- Termosfēra pakāpeniski pāriet starpplanētu telpā. Atmosfēras augšējo robežu noteikt nav iespējams. Nosacīti tās biezums ir 1000 km.
- Attēlā - ziemeļblāzma Rīgā 2001. gada oktobrī.



Termosfēra

- Termsfērā atmosfēras molekulas absorbē ultravioleto starojumu (UV) un rezultātā sasilda gaisu.
- Tā kā Saules enerģija ir būtiski atkarīga no tās aktivitātes, tad temperatūra šajā slānī ir mainīga.



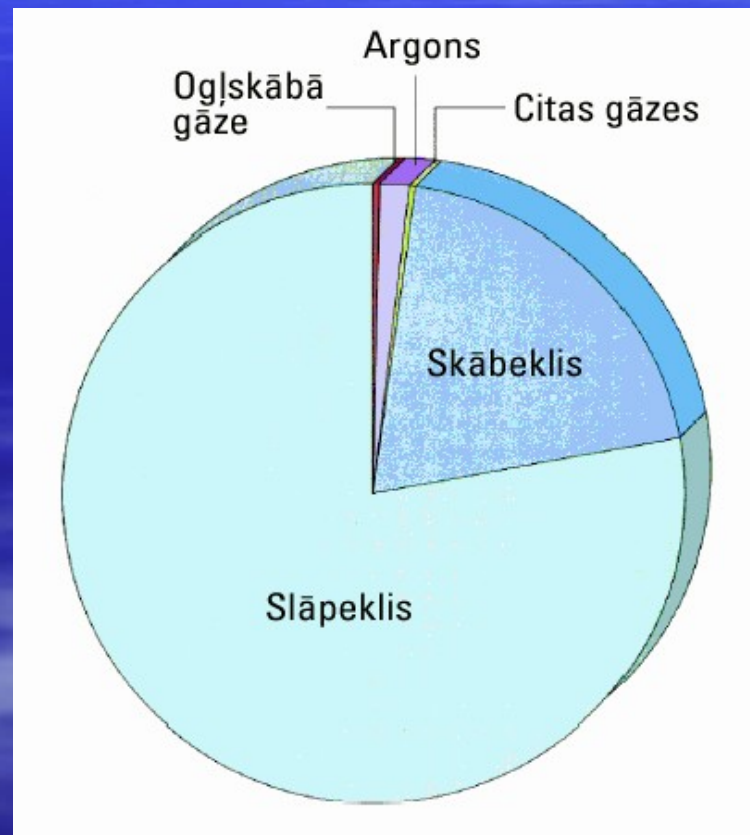
Ekosfēra

- Virs termosfēras ~500 km augstumā molekulas var noskriet 10 km distanci, lai sadartos viena ar otru. Raksturīgi, ka šajā apgabalā molekulas kustoties var iziet no zemes gravitācijas ietekmes kosmosā.
- Šo reģionu, kur atomi un molekulas tiek „izšautas” kosmiskajā telpā sauc arī par **eksosfēru**.

Atmosfēras sastāvs

Pastāvīgās jeb nemainīgās gāzes tīram, sausam gaisam:

- 78 % N_2 ;
- 21 % O_2 - lielā daudzumā;
- maza vai nebūtiska ietekme uz laikapstākļiem,
- 1 % Ar, inerta gāze, bez ietekmes uz laikapstākļiem.



Atmosfēras sastāvs

Pastāvīgās jeb nemainīgās gāzes tīram, sausam gaisam:

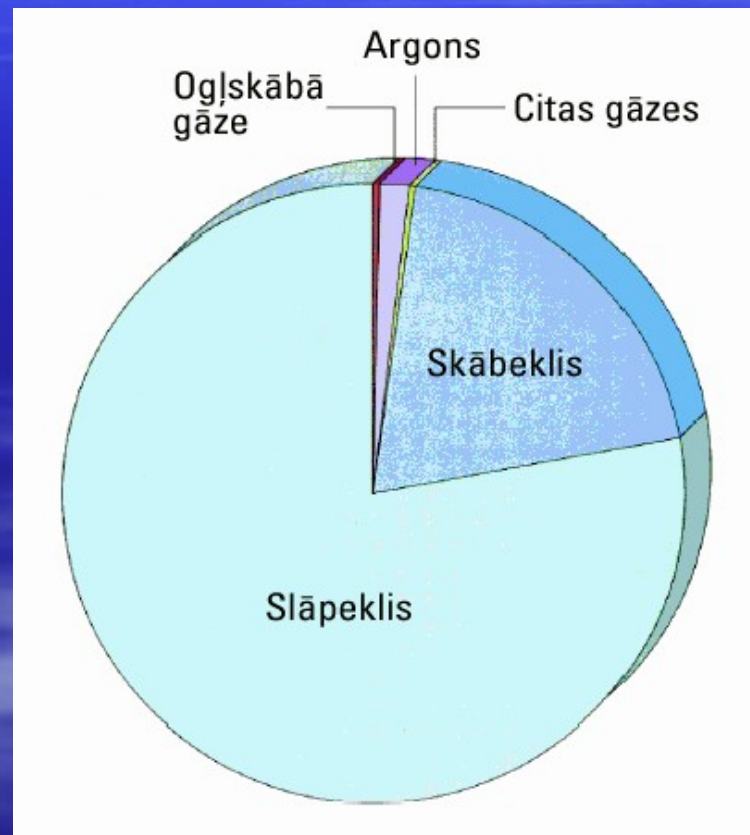
- Dzīvību aizsargājošie skābekļa veidi atmosfērā, kas absorbē nāvējošo ultravioleto starojumu.



Atmosfēras sastāvs

Mainīgās gāzes

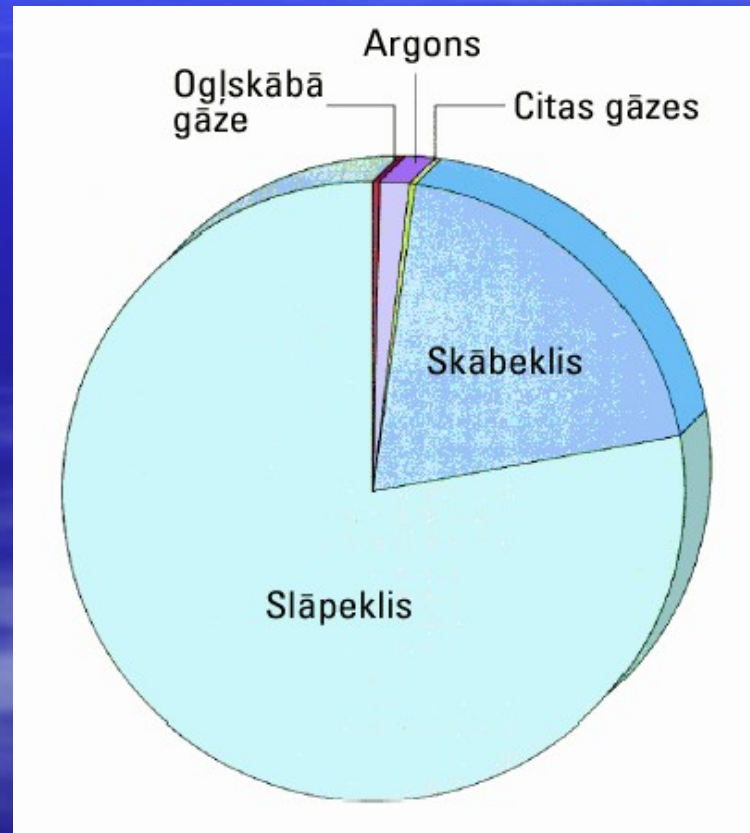
- **Mainīgās gāzes** ir būtiskas laikapstākļu un klimata veidošanā, neskatoties uz to niecīgo daudzumu atmosfērā.



Atmosfēras sastāvs

Siltumnīcas efekta gāzes (SEG)

- Nozīmīgākās SEG gāzes ir H_2O , CO_2 , CH_4 , NOX , O_3 . Daudzas no šīm SEG gāzēm ir dabiski sastopamas atmosfērā, bet dažas ievērojami pieaug cilvēku saimnieciskās darbības rezultātā.



Atmosfēras sastāvs

Siltumnīcas efekts

THE GREENHOUSE EFFECT

Visible energy from the sun passes through the glass and heats the ground

Infra-red heat energy from the ground is partly reflected by the glass, and some is trapped inside the greenhouse



The Met Office

Hadley Centre for Climate Prediction and Research

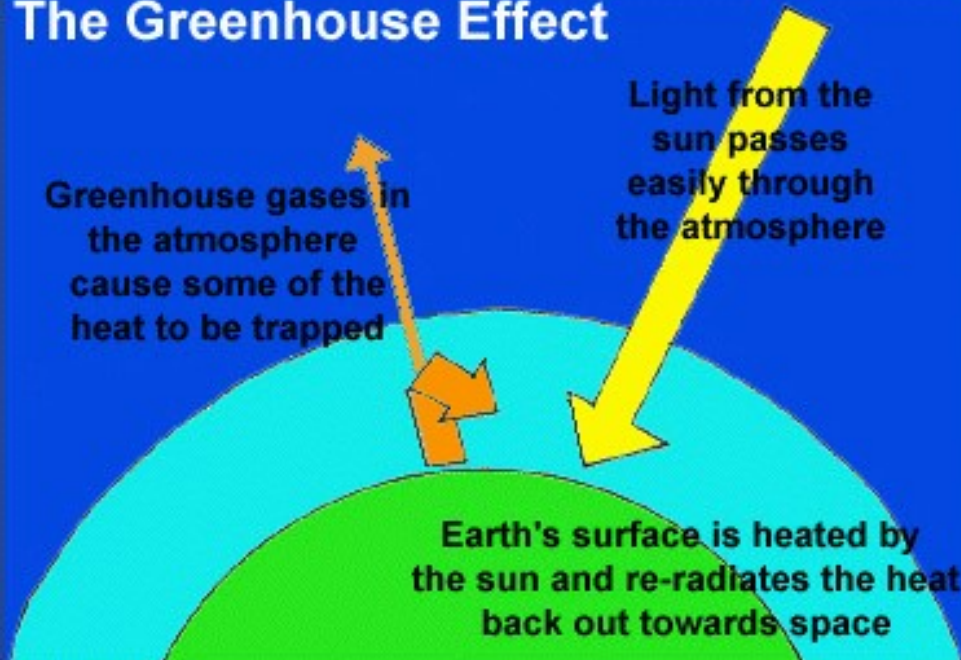
981395 1

The Greenhouse Effect

Greenhouse gases in the atmosphere cause some of the heat to be trapped

Light from the sun passes easily through the atmosphere

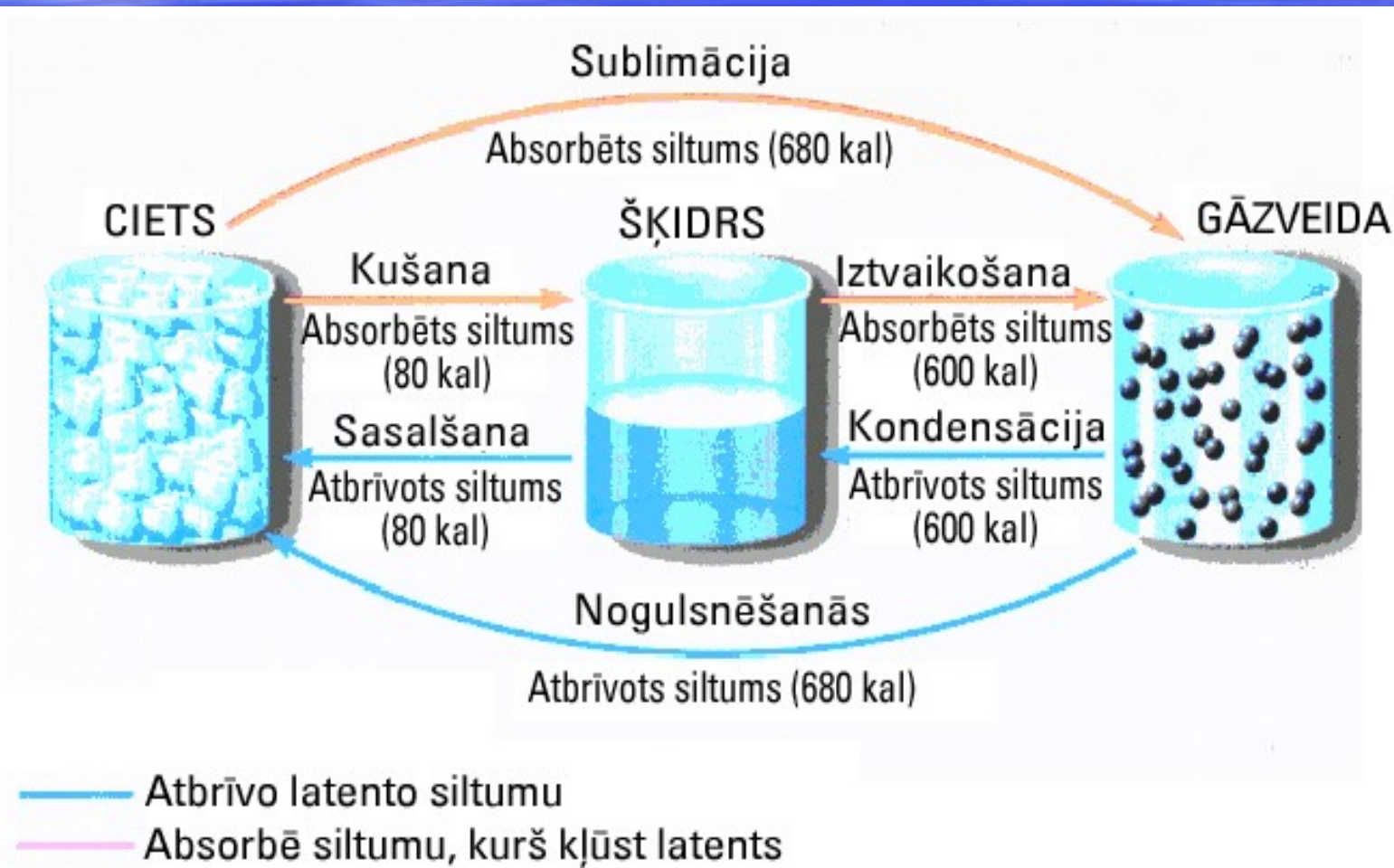
Earth's surface is heated by the sun and re-radiates the heat back out towards space



Ūdens tvaiki

- **Ūdens tvaiki** – SEG gāze “laikapstākļu veidotājs”; uzkrāj latentu siltumu.
- Ūdens atmosfērā sastopams trīs dažādos agregātstāvokļos: cietā ⇒ šķidrā ⇒ gāzveida.
- Ūdens šķidrā vai ledus fāzē - mākoņi un nokrišņi - ietekmē gan ienākošo Saules radiāciju (īso viļņu), gan izejošo (garo viļņu) radiāciju.
- Ūdens tvaiki absorbē gan saules starojumu, gan zemes virsmas siltuma starojumu, tādējādi samazinot gaisa temperatūras svārstības.

Ūdens tvaiki



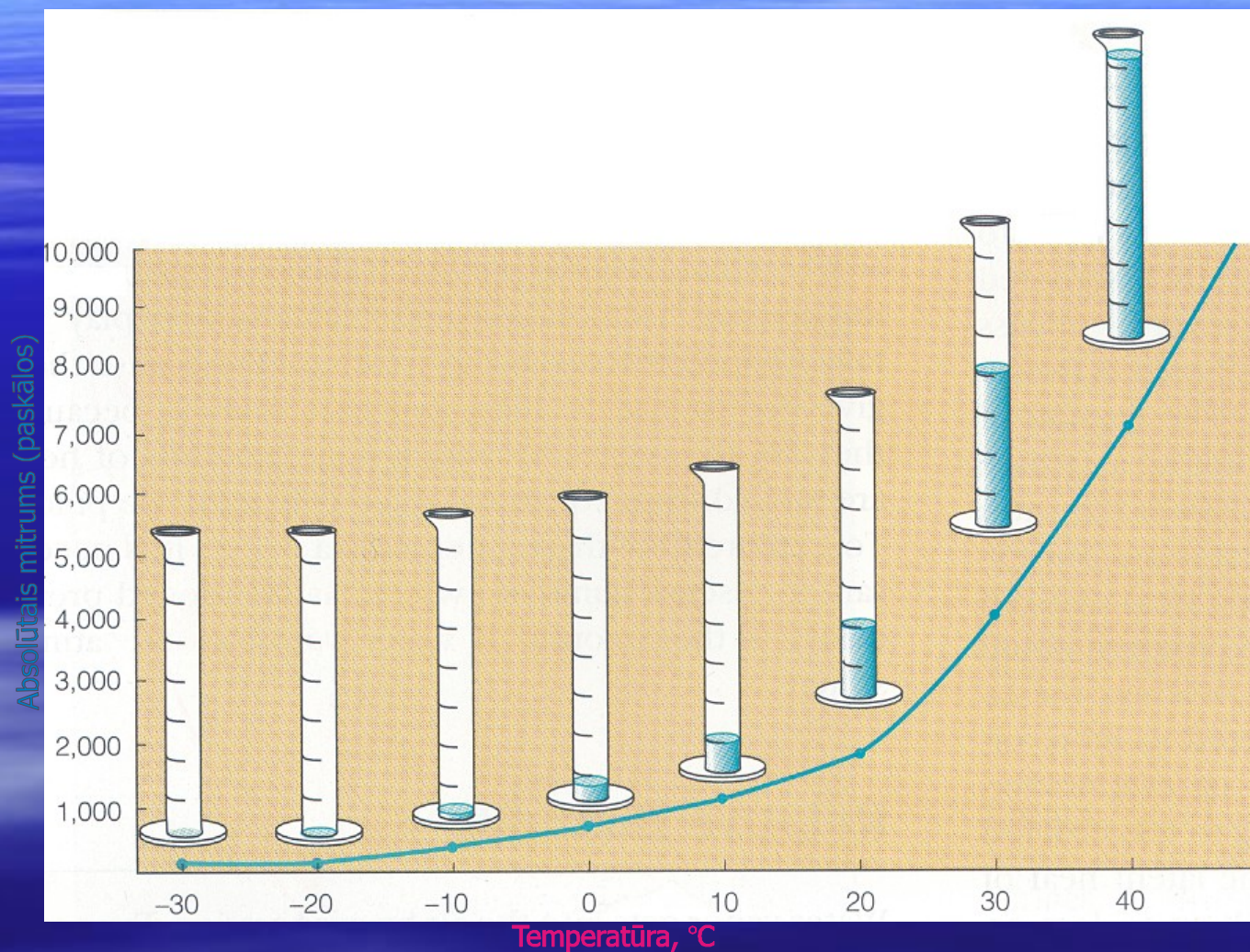
Ūdens tvaiki

- Fāzu maiņas - paņem enerģiju no vides vai atdod tai enerģiju:
iztvaikošanas latentais siltums (pāreja šķidrums $\leftrightarrow$ gāze);
kušanas latentais siltums (cieta viela $\leftrightarrow$ šķidrums);
nogulsnešanās latentais siltums (cieta viela $\leftrightarrow$ gāze).

Ūdens tvaiki

- Ūdens tvaika īpatnējais sastāvs mitrā gaisā pie zemes virspuses ir vidēji no 0,2% (polārie platumi) līdz 2,5% (ekvators), dažos gadījumos pat līdz 4%. Tādējādi mitrā gaisā izmainās arī pārējo gāzu procentuālais sastāvs.
- Ūdens tvaiks nepārtraukti nonāk atmosfērā iztvaikošanas rezultātā no ūdens virsmām, mitrām augsnēm un mitruma transpirācijas ceļā no augiem. Tā daudzums atkarīgs no vietas, laikapstākļiem un citiem faktoriem.
- Atmosfērā var rasties piesātinājuma ar ūdens tvaikiem stāvoklis – maksimāli iespējamais ūdens tvaiku daudzums pie noteiktas temperatūras.

Ūdens tvaiki



Gaisa masu piesātinājums ar ūdens tvaikiem (absolūtais mitrums) ir atkarīgs no temperatūras.

Ogļskābā gāze

- **Ogļskābā gāze (CO₂)** veido tikai 0,035% atmosfēras tilpuma, bet tās loma ir būtiska klimata veidošanā. Tā absorbē un atstaro infrasarkanā starojumu (IS), kuru emitē zemes virsma.
- Ogļskābās gāze ietekmē atmosfēras īpašības - siltuma bilanci un tādējādi arī dzīvības procesus.

Ozons

- **Ozons (O_3)** pie zemes virsmas ir indīga gāze, bet stratosfērā tas ir būtisks dzīvības procesiem. Tas maksimālo koncentrāciju sasniedz 25 km augstumā. Ozona veidošanās un sabrukšanas procesi ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka no Saules emitētā UV starojuma absorbciju.
- Ozons ir viena no skābekļa alotropajām formām. Ozonu atklāja 1840. gadā, pētot ūdens elektrolīzes procesu.

Ozons

- Ozona daudzums Zemes atmosfērā ir $3,3 \times 10^9$ t. Kā jau minēts ozona slānis (tā biezums normālos apstākļos būtu 2,5 mm) pasargā biosfēru no Saules starojuma spektra UV daļas. Bez tam inversijas slānis, kas veidojas stratosfērā ozona eksotermiskās sadalīšanās rezultātā, pasargā zemes virsmu no atdzišanas.

Ozons

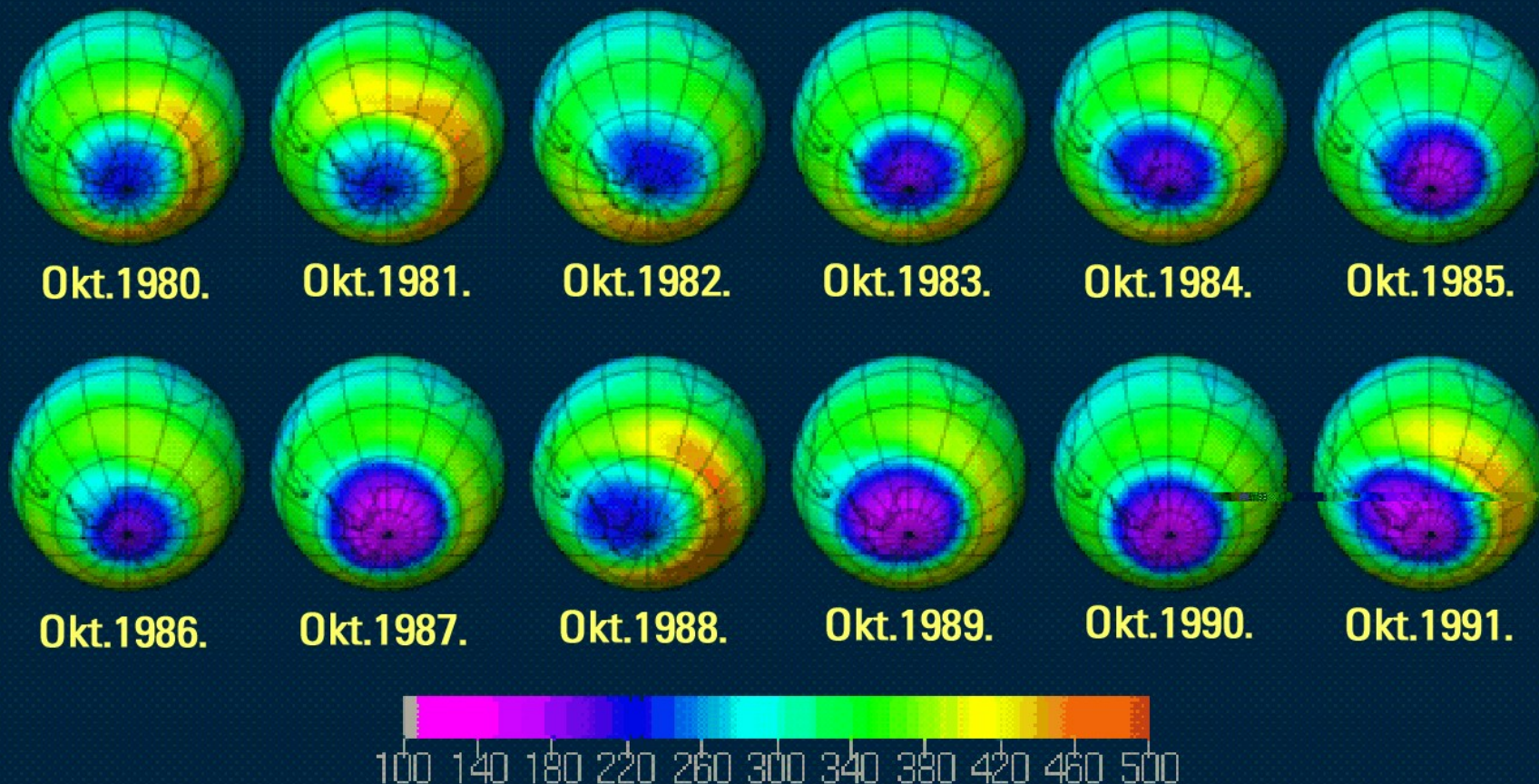
- Galvenā ozona masa atrodas stratosfērā. Ja Zemes virsmas tuvumā un troposfērā ozona koncentrācija ir $0-10^{-4}$ %, tad stratosfērā tā ir līdz pat 100 reizes augstāka. Tomēr arī stratosfērā ozona koncentrācija ir niecīga - ap 0,001 %.
- Ozona slāņa profils ir stipri atkarīgs no ģeogrāfiskā platuma, gadalaika, Saules aktivitātes un citiem faktoriem. Maksimālais ozona slānis atrodas 18-25 km augstumā, kaut gan tas var būt izplatīts pat 10-30 km.

Ozona cauruma jēdziens un mērvienības

- Dobsona vienība ir vienāda ar 0,01 mm plānu O_3 slāni, kas noteikts pie standarta temperatūras un spiediena ($0^{\circ}C$ un normāla atmosfēras spiediena jūras līmenī).
- O_3 slānis veido caurumu, ja tā koncentrācija ir mazāka par 250 Dobsona vienībām.

Ozona koncentrācijas izmaiņas izteiktas Dobsona mērvienībās

<http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/part2.html>



Metāns

- **Metāns (CH_4)** kā dabiska gāze veidojas zemes garozā, rodas ražošanas procesos, organisko atkritumu sadalīšanās rezultātā un lopkopības rezultātā.
- Vienādā koncentrācijā CH_4 var veicināt siltuma uzkrāšanos 21 reizes vairāk nekā CO_2 .

Slāpekļa oksīds

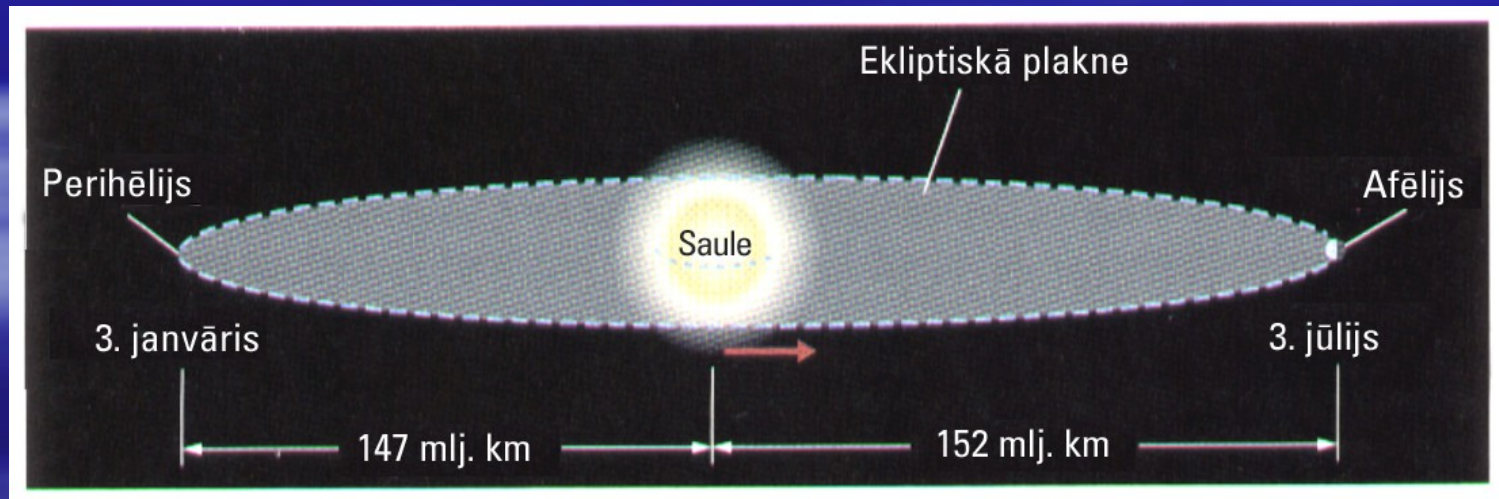
- **Slāpekļa oksīds** N_2O (smieklu gāze) – no lauksaimniecības un ražošanas. Dzīves ilgums ~120 gadi. Ļoti efektīva SEG gāze.
- Vienādā koncentrācijā slāpekļa oksīdi (NOX) var veicināt siltuma uzkrāšanos 270 reižu vairāk nekā ogļskābās gāzes oksīdi (CO_2).

Aerosoli

- **Suspendētās daļiņas** (aerosoli, pilieni) - lielākā daļa to ir neredzamas. Jo šīs daļiņas ir mazākas, jo ilgāk tām ir tendence saglabāties atmosfērā. Dabiskie aerosoli ir jūras sāļi, putekšņi, vulkāniskie putekļi. Antropogēnās suspensijas ir smogs, ražošanas putekļi un sodrēji.
- Tie ir būtiski arī no meteoroloģiskā viedokļa, jo daudzi no tiem ir ūdens tvaiku absorbētāji. Suspendētās daļiņas veido virsmas, uz kurām ūdens tvaiki var kondensēties, kā rezultātā veidojas mākoņi un nokrišņi. Putekļi spēj absorbēt un atstarot radiāciju, tādējādi ievērojami samazinot ienākošo saules īso viļņu radiāciju.

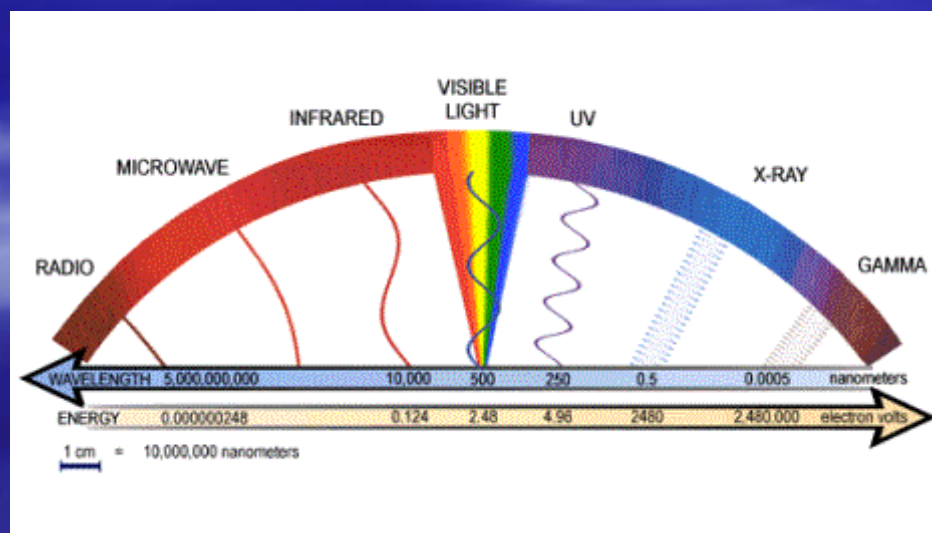
Saules radiācija

- Perihēlijā - 3. janvāris, attālums 147×10^6 km; afēlijā - 4. jūlijā, distance: 152×10^6 km, afēlijs/perihēlijs: $\sim 6\%$ attāluma atšķirība.
- $\sim 6\%$ attāluma izmaiņa no Saules tiek uzskatīta par nebūtisku temperatūras sezonālajā mainībā



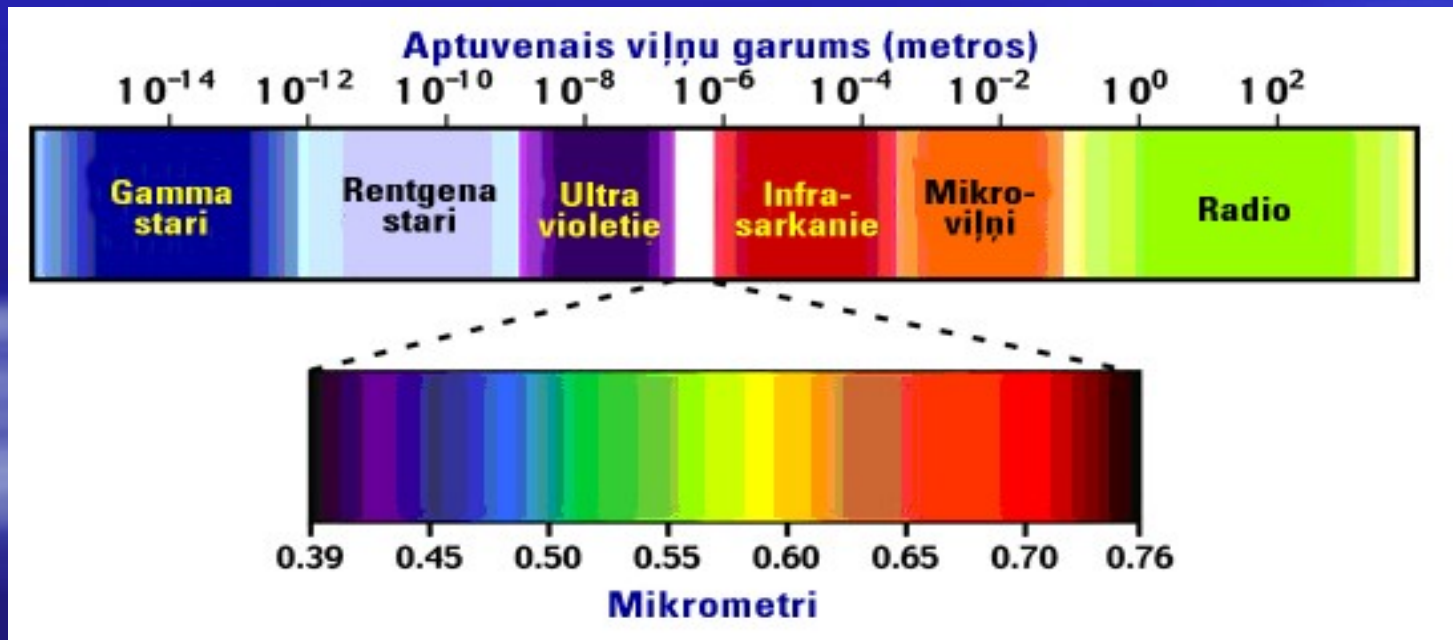
Saules radiācija

- **Saules starojums** (Saules radiācija) ir elektromagnētiskie viļņi, kuru garums mainās no 0,1 līdz 4 mikrometriem.
- Saules redzamais, infrasarkanais un ultravioletais starojums ar viļņa garumu $< 0,29 \mu\text{m}$ brīvi iet cauri Zemes atmosfērai un nes 99% no Saules elektromagnētiskā starojuma enerģijas.



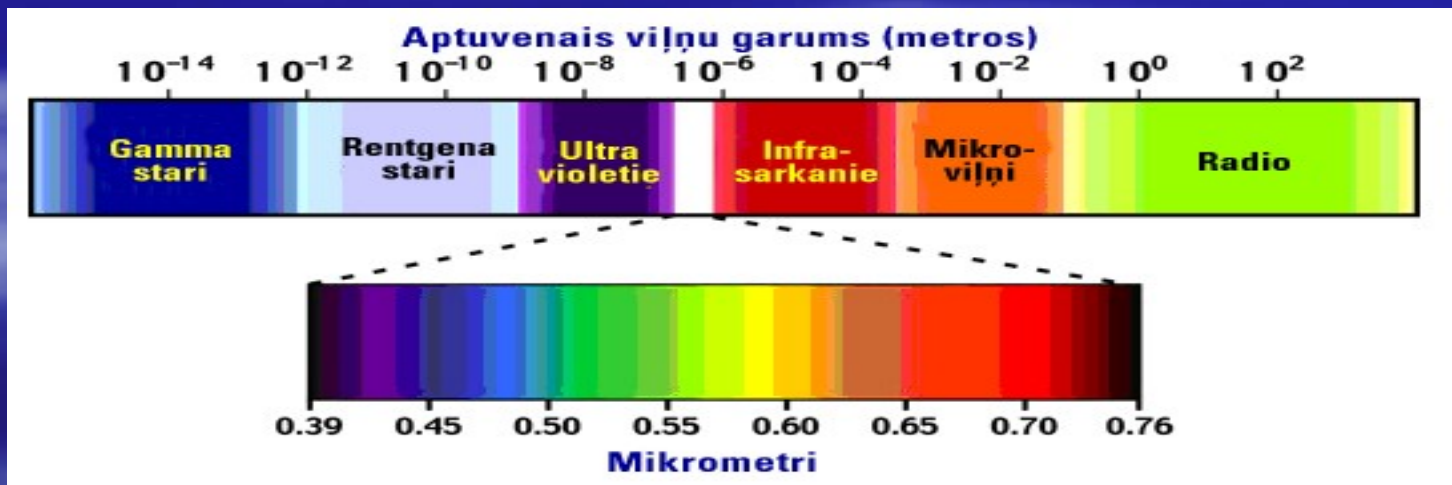
Saules radiācija

- Elektromagnētiskā spektra sadalījums pa viļņa garumiem. Redzamās gaismas spektrs no 0.40 līdz 0.71 mikrometriem (μm) (www.yorku.ca/eye/spectru.htm)



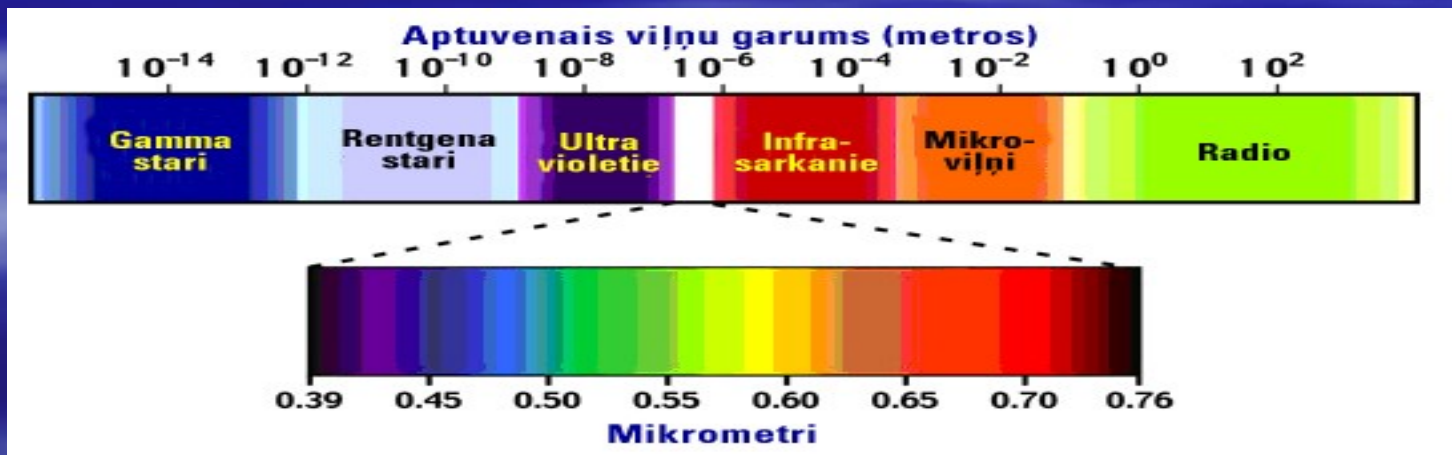
Saules radiācija

- **Redzamā gaisma (RG)** - viļņa garums $\sim 0,40 \mu\text{m}$ no UV līdz $0,70 \mu\text{m}$ IS starojumam. Būtiskas daudzām augu un dzīvnieku aktivitātēm.
- Tā dod enerģiju, kas ir vajadzīga fotosintēzē, nosaka arī pumpuru atvēršanos un ziedēšanu, lapu krišanu. Dzīvniekiem - regulē reprodukcijas laiku un migrācijas.



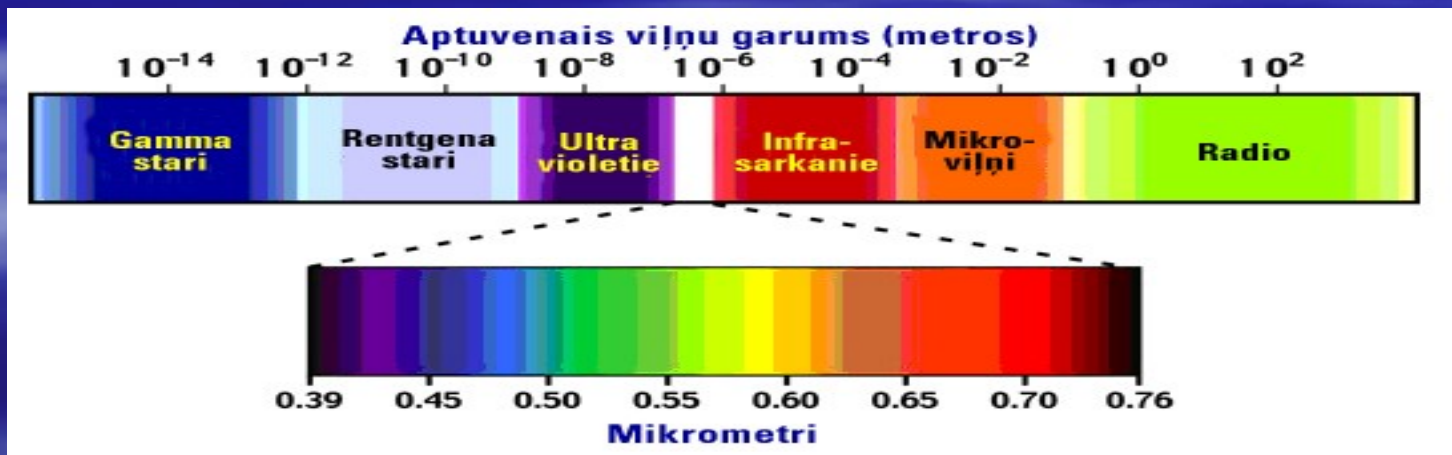
Saules radiācija

- **Infrasarkanā (IS)** radiācija nav pietiekoši enerģētiska, lai kļūtu redzama, bet mēs varam just tās siltumu. Infrasarkanais starojums (apmēram 36% no visa starojuma) ir ar īpaši gariem viļņiem. Tas cilvēka acij nav redzams, bet sajūtams, kā siltums, un tas nav nejauši, jo ar infrasarkanā starojuma palīdzību notiek siltuma pārnese.
- IS radiācija ir tieši nozīmīga apakšējo atmosfēras slāņu pasiltināšanā.



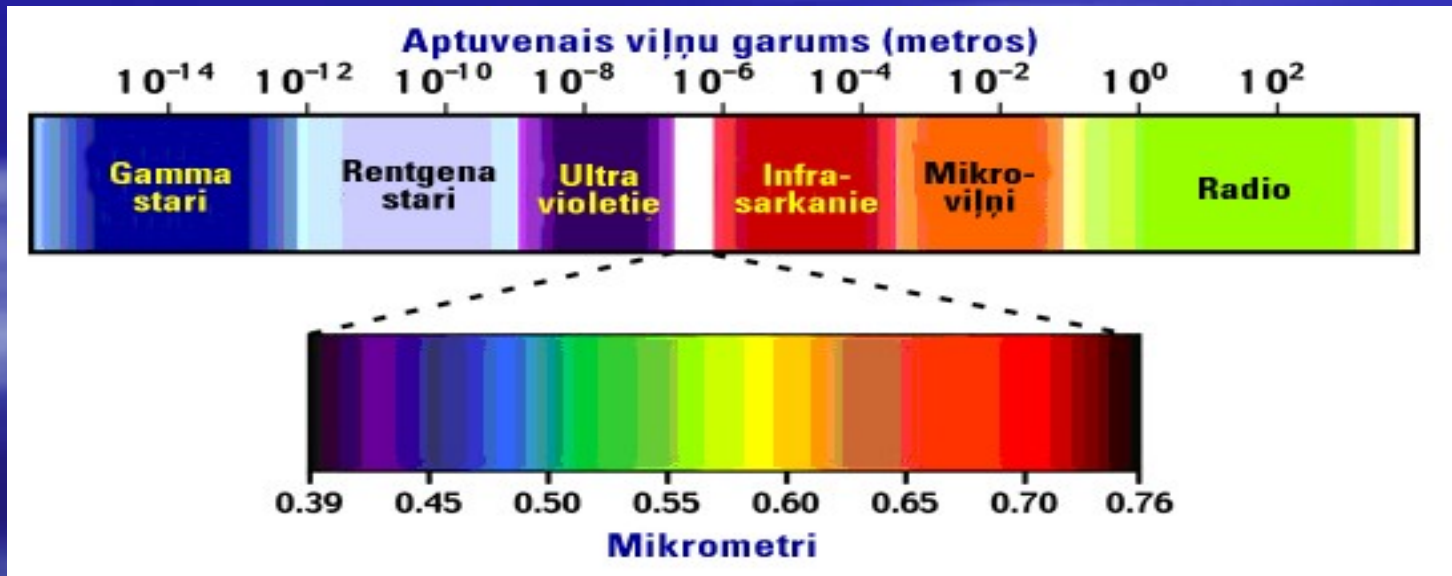
Saules radiācija

- Ultravioletais starojums ir apmēram 8% no Saules starojuma. Tas izraisa ādas iedegumu. Pārmērīgs ādas apstarojums ir kaitīgs veselībai un var izraisīt pat ādas vēzi. Īpaši uzmanīgi jāsaulesojas polārajos un tiem tuvākajos rajonos, īpaši dienvidu puslodē, kur ozona slānis ir plānāks. Bīstami ir ilgi sauļoties arī augstu kalnos, kur gaiss ir retāks, tīrāks un dzidrāks nekā zemienēs.



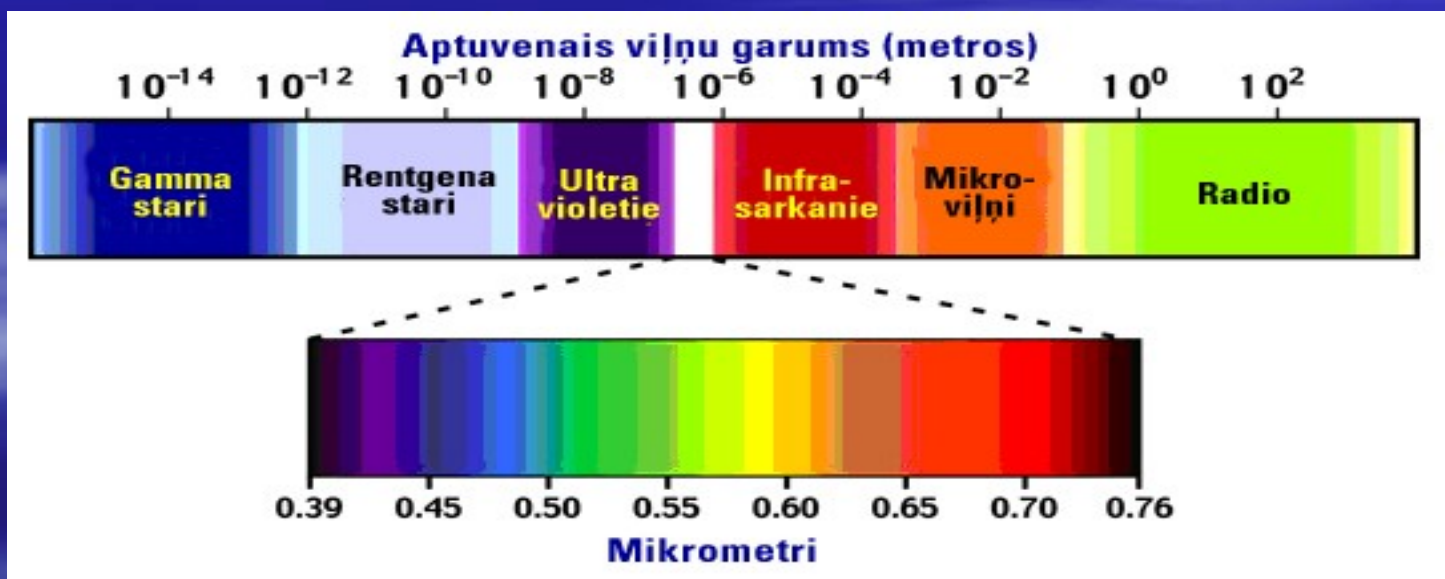
Saules radiācija

- **Mikrovļņi** - dažas šo viļņu frekvences tiek lietotas radiosakaros, mikrovļņu krāsnīs, arī laikapstāķu noteikšanai ar radariem.

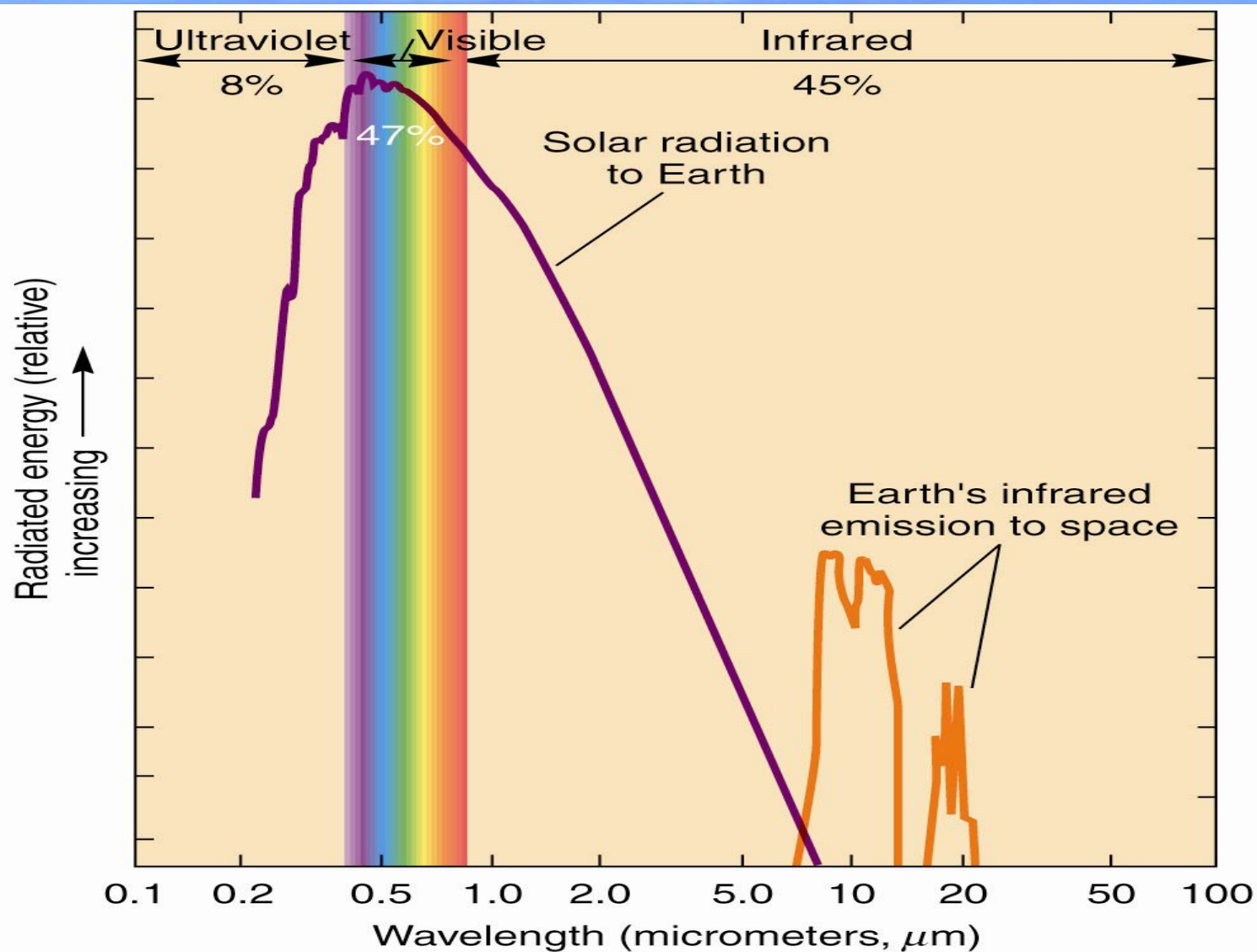


Saules radiācija

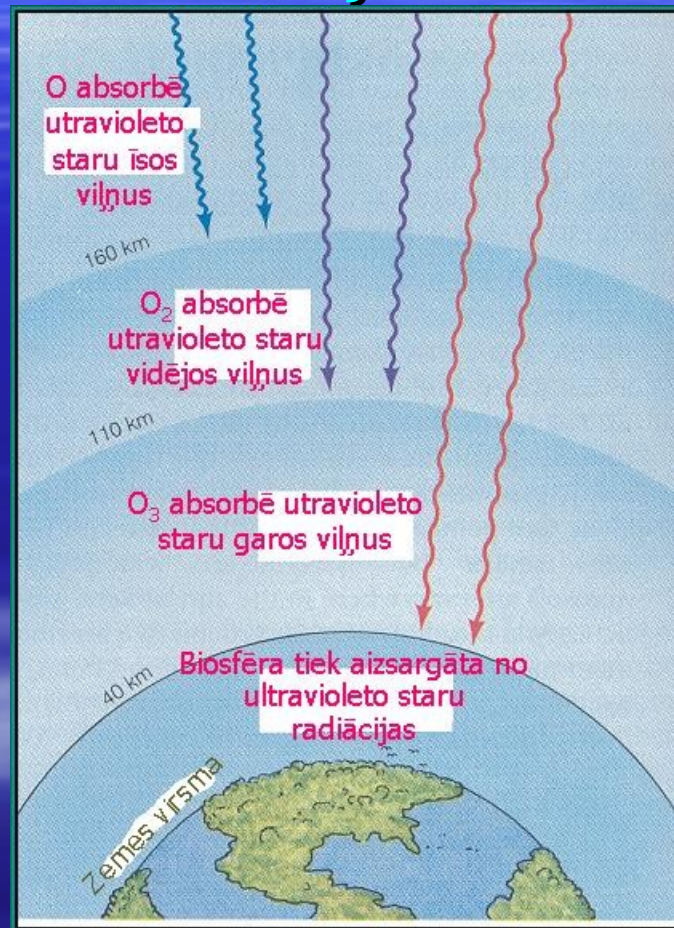
- **Radioviļņi** - zemas enerģijas un frekvences garie viļņi pie elektromagnētiskā spektra beigām. To viļņu garumi no dažiem cm līdz simtiem km un to frekvences var būt līdz miljardiem Hz.



Saules radiācija



Dzīvību aizsargājošie O, O₂, O₃, kas absorbē nāvējošo ultravioleto starojumu



Saules radiācija

- Izejot cauri atmosfērai Saules starojuma daudzums samazinās. Daļa no tā, atstarojoties no mākoņiem, atgriežas kosmosā, daļu absorbē atmosfēra un daļa pārvēršas siltuma enerģijā.
- Saules radiācijas absorbētāji atmosfērā ir ozons stratosfērā un ūdens tvaiki, mākoņi un aerosoli troposfērā.



Saules radiācija

- Zemes virsmu sasniedz apmēram tikai puse no atmosfērā nonākušās Saules enerģijas.
- Daļa no Saules radiācijas tiešā veidā nonāk līdz Zemes virsmai. Daļu izkliedē mākoņi un tā nonāk līdz Zemes virsmai izkliedētās radiācijas veidā.
- Saulainā laikā lielāka ir tiešās radiācijas daļa, bet mākoņainā laikā līdz zemes virsmai nonāk tikai izkliedētā radiācija. Tiešā un izkliedētā radiācija veido summāro radiāciju.



Saules radiācija

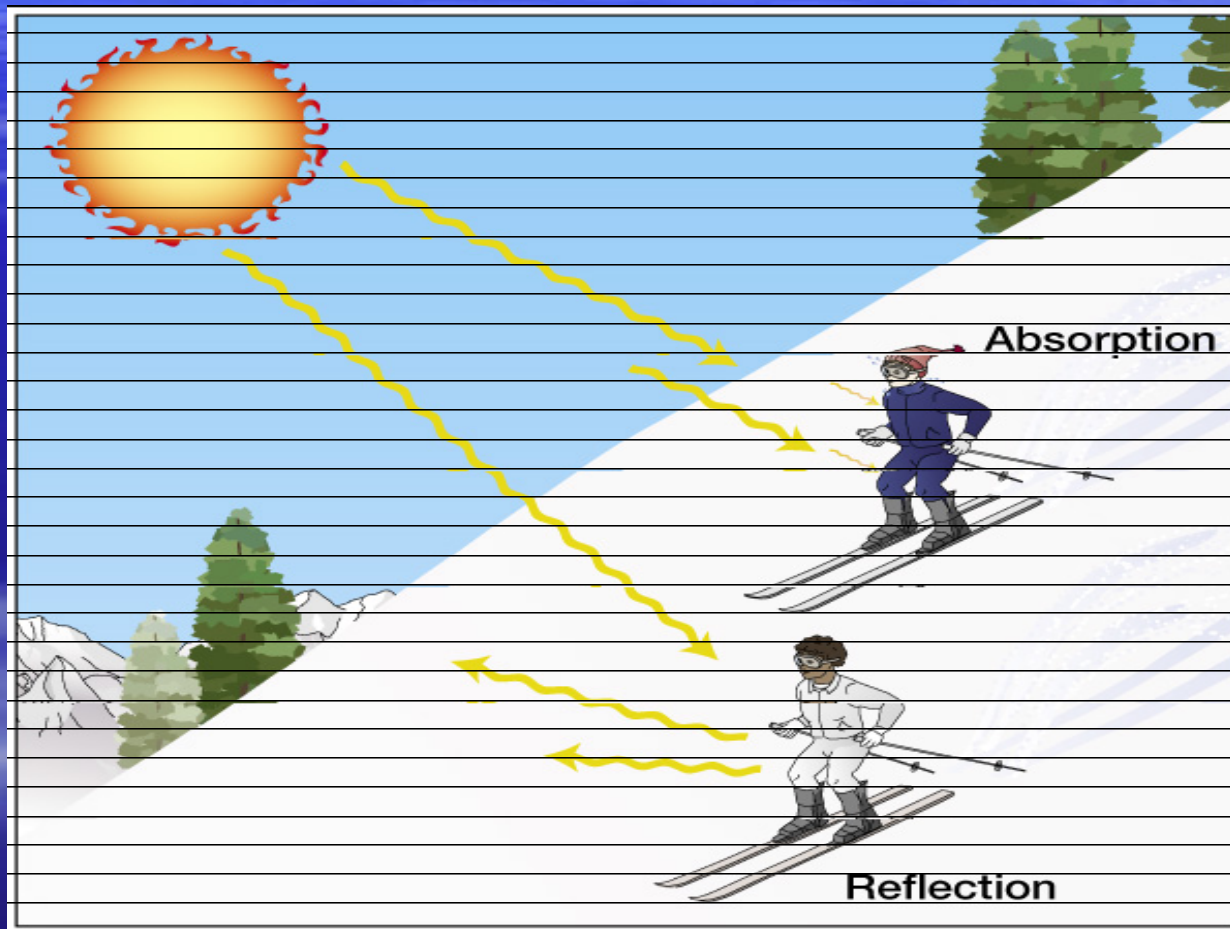
- Lielākais Saules radiācijas daudzums, kas sasniedz Zemes virsmu, tiek absorbēts, kā rezultātā Zemes virsma sasilst.
- Daļa radiācijas atstarojas atpakaļ atmosfērā.
- Jo virsma ir tumšāka un mitrāka, jo vairāk tā absorbē un mazāk atstaro Saules enerģiju.



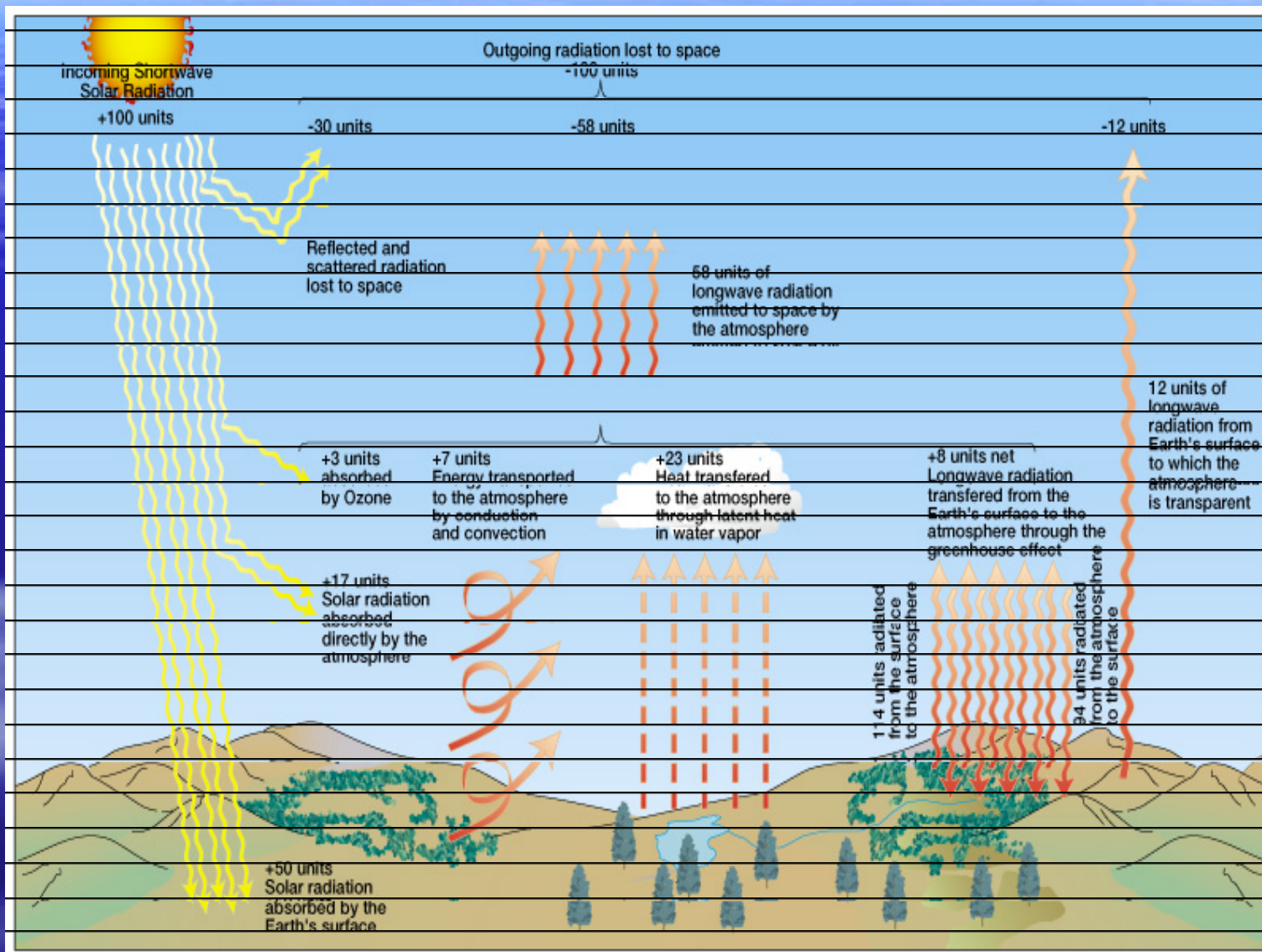
Albedo

- Visvairāk (vairāk nekā 90%) atstaro svaigi uzkrītis sniegs. Šajā gadījumā **albedo** – tiešās un atstarotās radiācijas attiecība – ir 0,90 un vairāk.
- Albedo raksturo virsmas atstarošanas spēju.
- Zemes virsmas, kas klāta ar augu segu ir 0,20 – 0,25, svaigi uzarta lauka albedo ir apmēram 0,10 – 0,15, bet sausas smilts 0,34-0,40.
- Viens no vismazākajiem albedo (0,05 – 0,10) ir ūdens virsmai, kad saule atrodas augstu virs horizonta līnijas. Par to liecina aerofoto uzņēmumi, kuros ūdenstilpes izskatās tumšākas nekā zemes virsma.

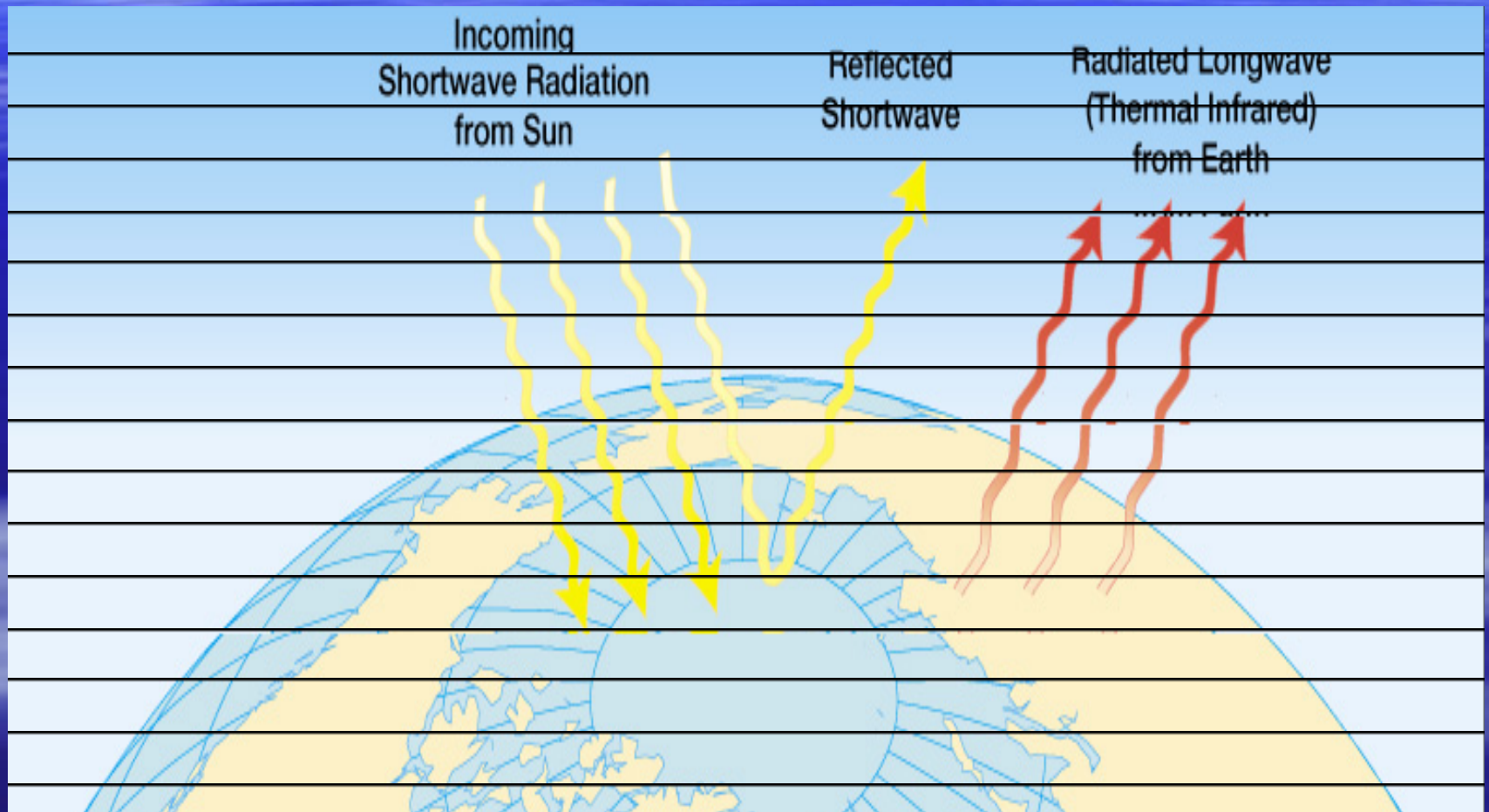
Albedo



Radiācijas bilance



Radiācijas bilance



Meteoroloģija

- Zemes atmosfēru pēta meteoroloģija. Tā radusies jau antīkajos laikos, pamatojoties uz laika novērojumiem, tomēr īpaši strauji meteoroloģija sāka attīstīties pēc termometra un barometra izgudrošanas XVII gadsimtā. Šo instrumentu pielietošana ļāva pielietot precīzus mērījumus, kuru rezultāti, uzkrājoties datu daudzumam, kļuva par materiālu tālākajiem zinātniskajiem vispārinājumiem par klimatu.

Meteoroloģija

- Atmosfēras pētīšanai ir svarīga praktiska nozīme – uz to bāzes tiek sastādītas laika prognozes. Mūsdienu sinoptiskās prognozes balstās uz ciklonu rašanās un attīstības teoriju, kuras izstrādāja norvēģu zinātnieki (V. Bjerkness u. c.) XX gadsimta pirmajā pusē.
- Mūsdienās, lai prognozētu laiku, sinoptiķiem ir daudz lielāka līdzekļu izvēle nekā iepriekš. Ziņas par laikapstākļiem tiek saņemtas no pavadoņiem, no meteoradariem un radiozondēm, kuras gaisā palaiž ar balonu palīdzību, no automātiskajām stacijām, kas uzstādītas uz lidmašīnām un kuģiem. Caur datortīkliem informācija par laikapstākļiem ātri nokļūst meteoroloģiskajos centros, kur automātiski tiek sastādītas laikapstākļu kartes. Ar modelēšanas palīdzību datori sastāda laika prognozes. Tā kā atmosfēra ir ļoti sarežģīta un mainīga, tad arī pašlaik ticamu laika prognozi iespējams sastādīt tikai vienai nedēļai.

Papildus informācija

- <http://earthobservatory.nasa.gov/Topics/atmosphere.html>
- www.meteo.lv

Paldies par uzmanību!

Jautājumi?