

LES CAPES FLUÏDES DE LA TERRA. TRÀNSIT DE MATÈRIA I ENERGIA.

- Atmosfera
- Hidrosfera.

Ambdues són molt importants per al
funcionament del clima terrestre.

- ✓ Sistema dinàmic que funciona con energia solar.
 - ✓ Estudi a partir de models.
 - ✓ Moviments generats per l'existència de gradients.
-
- Moviments verticals: Deguts al gradient tèrmic vertical i a la diferència de densitat. Existeixen diferències entre l'aire i l'aigua degudes a la diferent capacitat per a conduir el calor.
 - Moviments horitzontals: el vent i els corrents marins es deuen a les diferències tèrmiques provocades per la diferent insolació.

ATMOSFERA

1. L'atmosfera: Origen, estructura i composició.
2. Energia solar i dinàmica atmosfèrica
3. Meteorologia i clima
4. La contaminació atmosfèrica
5. L'aire a les grans ciutats

Tema 1

L'atmosfera: Origen,
estructura i
composició.

EL BIG BANG

A cosmic background image featuring a dark space filled with stars, galaxies, and planets. A large, reddish planet is visible on the right side, and a smaller one is on the left. A bright yellow star is in the center, and a glowing orange band stretches across the middle. The overall scene is a vibrant representation of the universe.

L'Univers va començar fa 13700 milions d'anys a partir d'una explosió anomenada Big Bang

Origen i evolució de l'atmosfera

4500 Ma



Formació del planeta Terra

Els cossos que xocaven entre sí per formar el planeta tenien diversos gasos i també aigua en forma de gel. Molts d'aquests components gasosos es van perdre en l'espai (heli, neó).



En la última fase de la creació del planeta la gran quantitat de volcans que havia en la Terra expulsaven molts gasos, d'aquests els menys densos es col·locaven en la part de dalt i els mes densos en la part inferior, atrapats per la gravetat terrestre.

En un principi la Terra tenia una gran temperatura deguda a:

- Impactes de meteorits
- Radiació natural

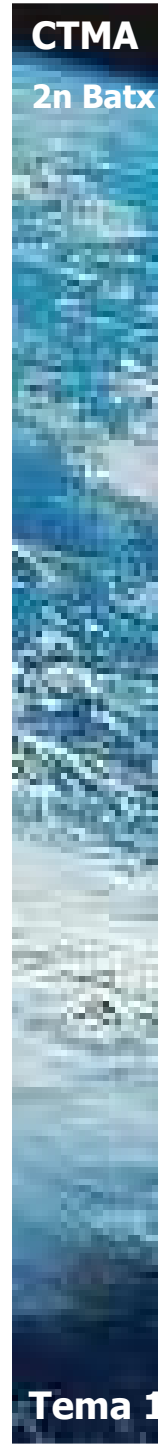
La seva atmosfera primitiva era molt densa fruit dels gasos que es desprenien pel refredament de la Terra, l'hidrogen es va combinar amb els altres components presents a l'atmosfera.

4000 Ma

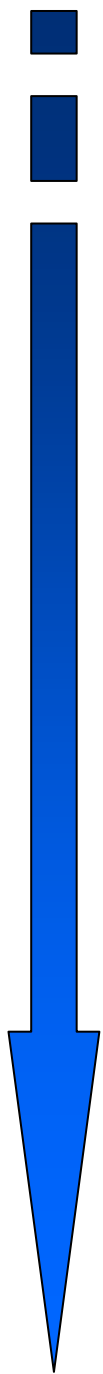


Formació de l'atmosfera primitiva: CO_2 N_2





3900 Ma



Refredament del planeta



Aparició de l'aigua líquida



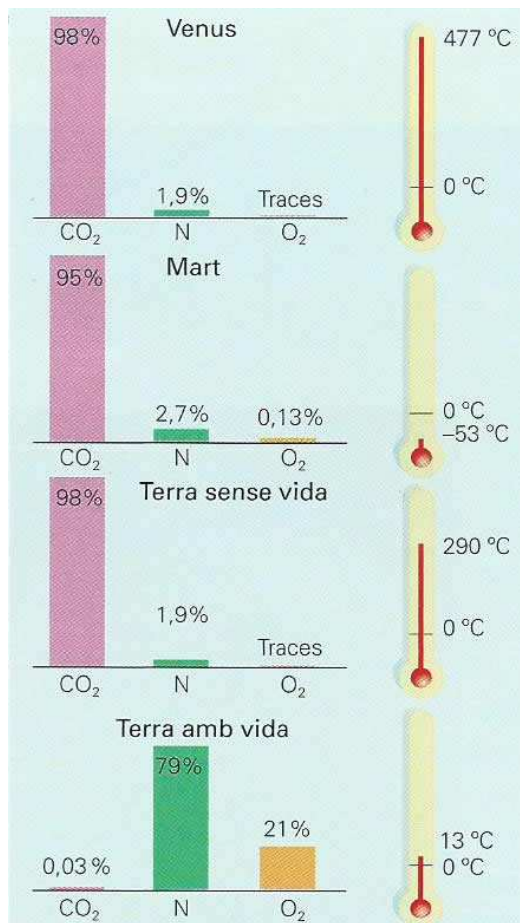
Oceans primitius (absorció de CO₂ i alliberament de N₂)



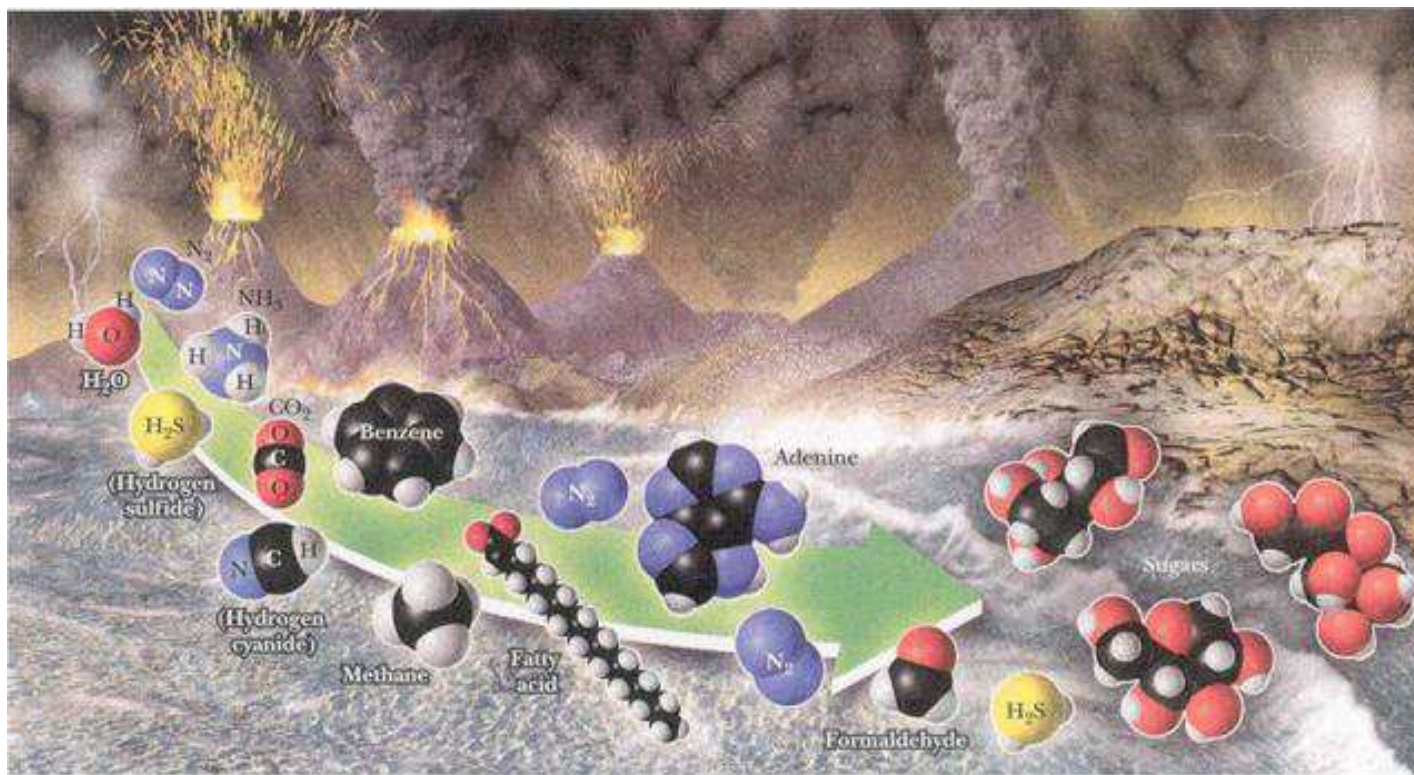
Roques calcàries



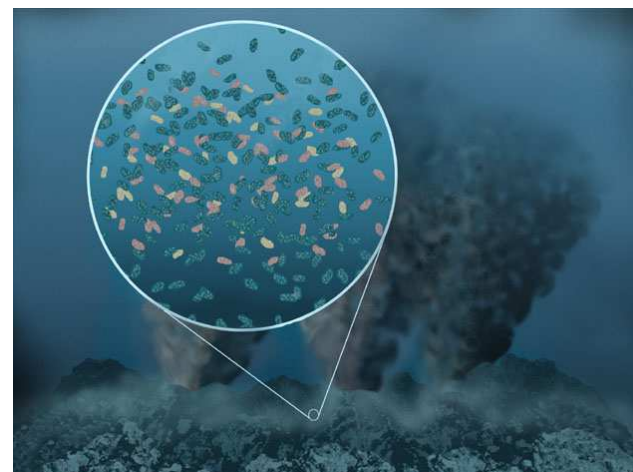
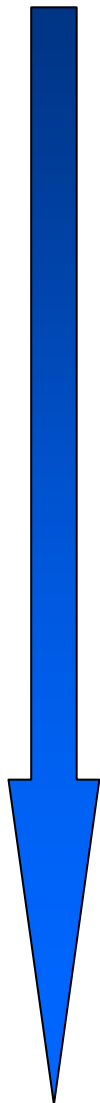
Bacteris quimioautòtrofs?



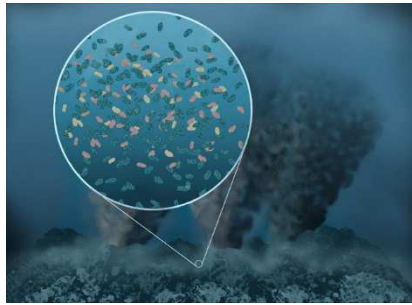
Origen de la vida: <http://www.youtube.com/watch?v=1-FbUNO2UzA>



3800 Ma



3800 Ma



Quimioheteròtrofs

Anaerobis

Fermentadors

3400 Ma



Fotoautòtrofs

2600 Ma



O₂



Aerobis

1000 Ma



Atmòsfera com l'actual

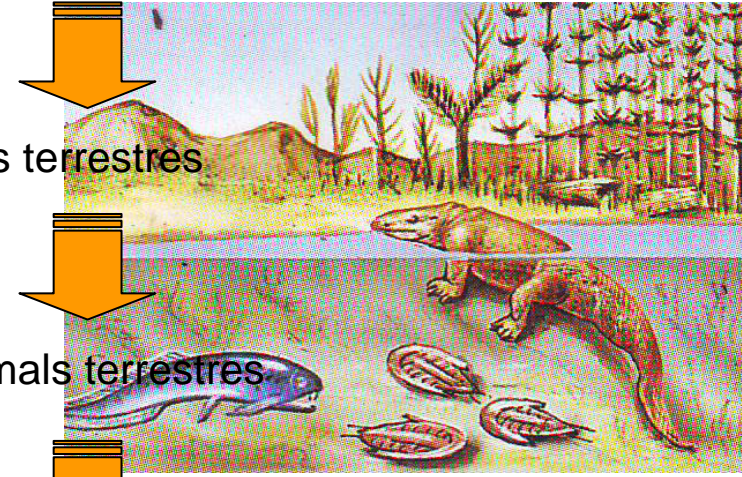
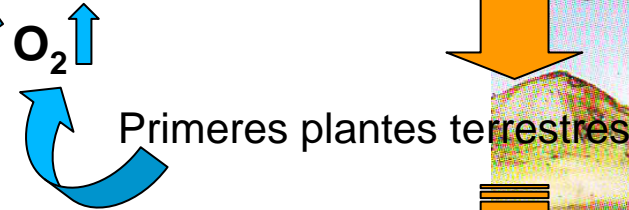
Principals components de l'aire troposfèric

gas	% en volum
nitrogen	78,084
oxigen	20,946
argó	0,934
diòxid de carboni	0,033

400 Ma



350 Ma



Primers animals terrestres

0 Ma

IMPACTES

Interpretació

Problemes a l'atmosfera

Llegeix les notícies següents:

La temperatura mundial, prop del rècord
D'acord amb els enregistraments duts a terme per l'institut Goddard d'Estudis Espacials, les temperatures de l'aire de la superfície de la Terra van augmentar fins a 14,43°C l'any 2001. En general s'observa a tot el món la tendència a mostrar temperatures més altes que les mitjanes històriques...

LA PLUJA ÀCIDA
Les emissions a l'atmosfera de diversos oxíds de sofre i nitrogen subvertint el retorn d'aquestes substàncies sobre la superfície altera les condicions ambientals dels ecosistemes i això afecta els organismes que en depenen. És una amenaça que pot fer malbé altres ecosistemes, com els llacs i els rius, i també plantacions i cultius.

La boira química
L'aparició de boires químiques, masses d'aire amb una elevada concentració d'alguns contaminants (partícules sòlides, oxíds de sofre...) que assolixen valors molt superiors als límits de seguretat per a la salut humana, no és un fet estrany. Aquesta situació es dona de forma periòdica en ciutats localitzades en àrees industrials. Aquests nivells alts de contaminació afecten la nostra salut i provoquen problemes respiratoris a algunes persones, que presenten malalties cròniques.

Resum:

https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=o5e9ZQFOqOI

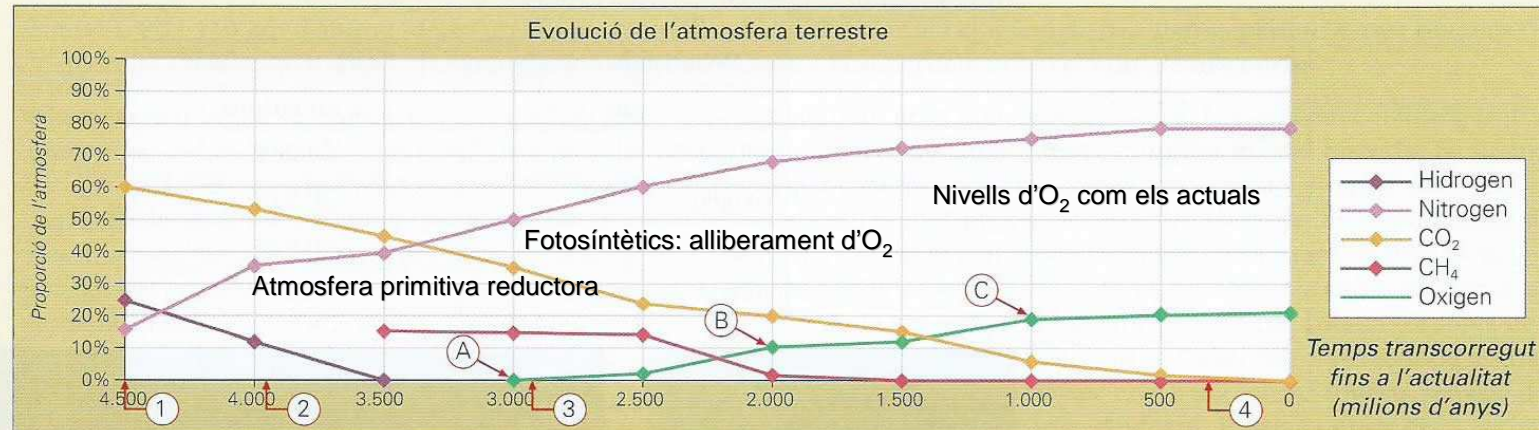
1. Quins són els problemes que es comenten en cada notícia? En quin sentit té a veure cadascun d'ells amb l'atmosfera?
2. Per a cadascun dels problemes, descriu-ne l'abast i les causes, així com les principals conseqüències.

Interpretació

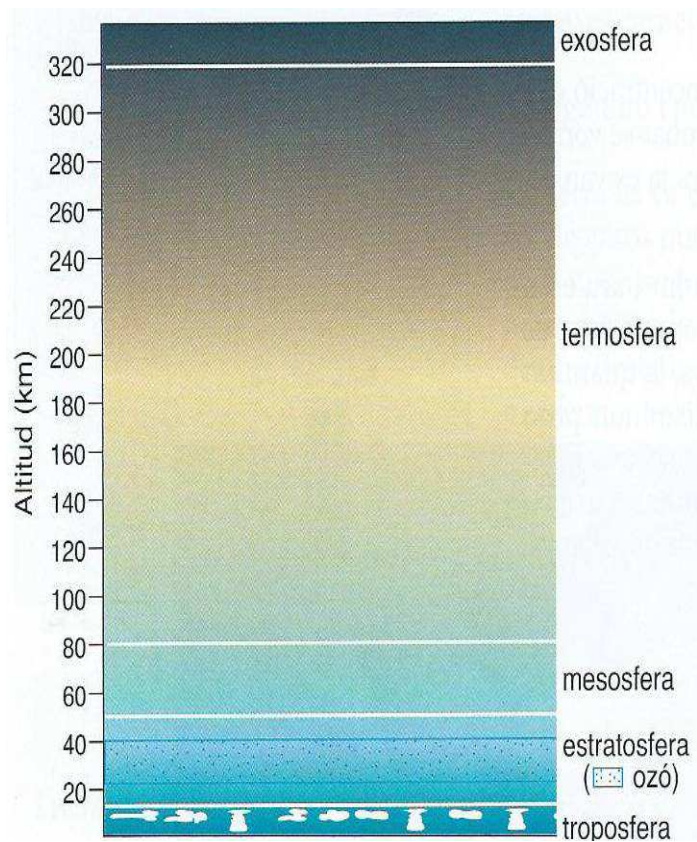
L'evolució de l'oxigen

L'atmosfera de la Terra, que conté aproximadament una cinquena part d'oxigen, és totalment diferent de l'atmosfera de Mart i Venus. En l'atmosfera d'aquests planetes veïns, nou de cada deu parts són de diòxid de carboni; en l'atmosfera terrestre, la relació és només de tres cada deu mil parts. Si la biosfera de la Terra no estigués formada per éssers consumidors de diòxid de carboni (plantes i algues fotosintètiques, i bacteris productors de metà, entre milers d'altres formes de vida), fa molt de temps que la nostra atmosfera s'hauria estabilitzat amb uns nivells alts de diòxid de carboni. En comptes d'això, les activitats combinades de la vida autopoètica (que es manté per si sola) de la superfície han format una atmosfera on l'oxigen s'ha mantingut a un nivell aproximat d'un 20%, almenys durant els darrers 1.000 milions d'anys.

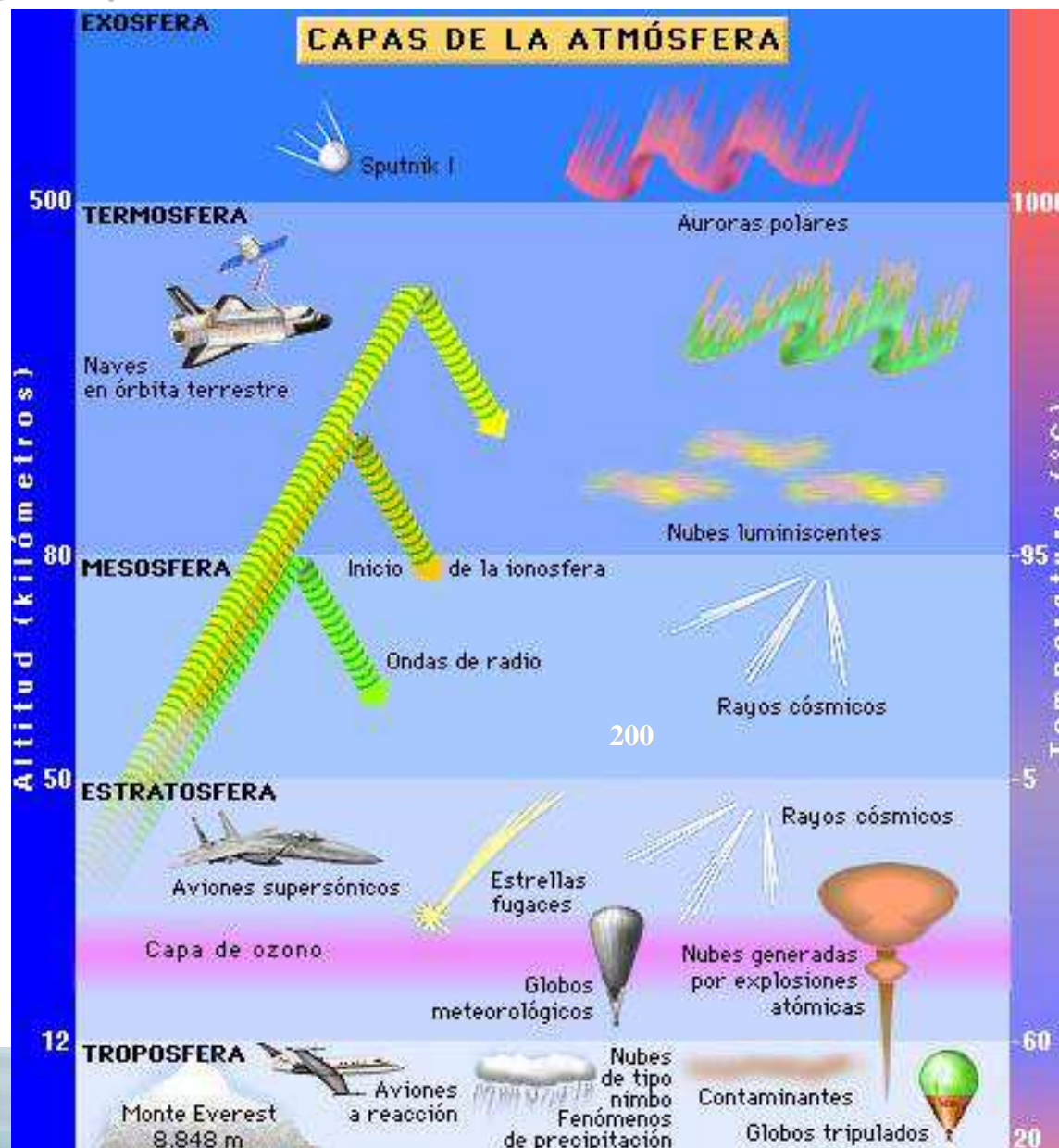
Fixa't en el gràfic següent, que mostra l'evolució de la composició de l'atmosfera:



L'estructura de l'atmosfera



Animació estructura atmosfera terrestre:
http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/sistemas_externos/Tierranimac01_archivos/atmoslayers.swf

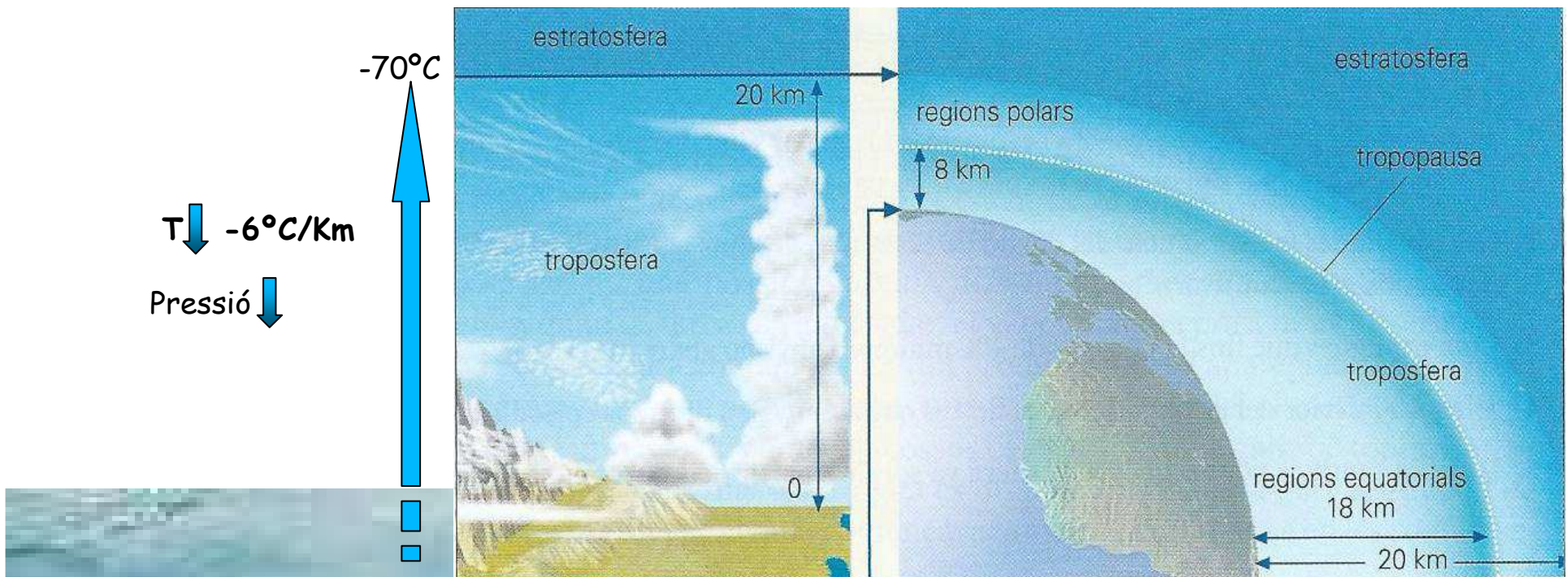
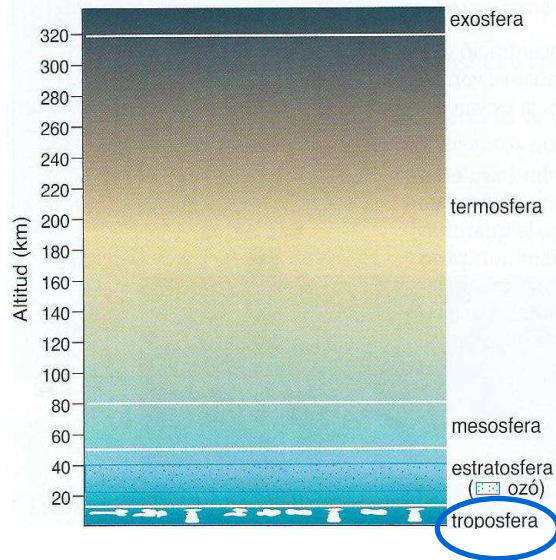


Troposfera

- S'extén des del nivell del mar fins a uns 8-18 km d'altitud.
- És més groixuda a l'equador i menys als pols.
- Varia amb les estacions: estiu \uparrow / hivern \downarrow
- En ella tenen lloc tots els fenòmens atmosfèrics.
- Conté el 99% del vapor d'aigua que absorbeix la radiació directa del sol i la que desprèn la superfície de la terra i la hidrosfera.

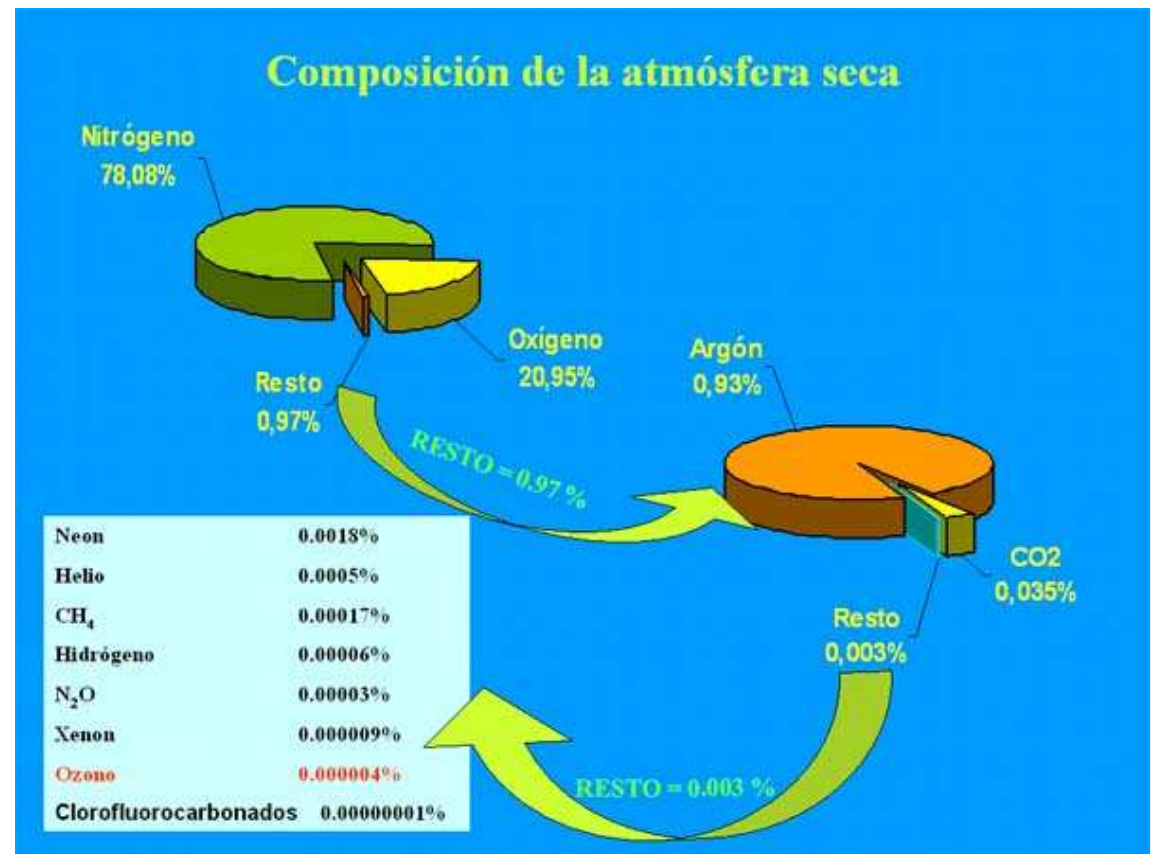


Regula la temperatura / Efecte hivernacle



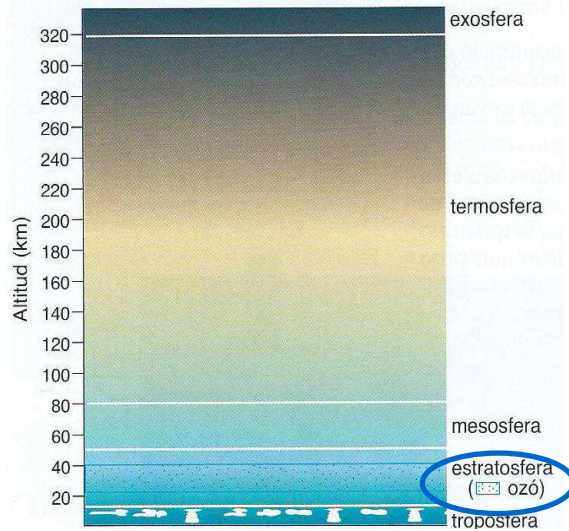
Té composició química molt uniforme; consisteix en una mescla homogènia de gasos anomenada aire. La composició de l'aire pur (sense partícules sòlides ni líquides) i sec (sense vapor d'aigua) és:

Nitrogen(N ₂)	78,083%
Oxigen (O ₂)	20,945%
Argó (Ar)	0,934%
Diòxid de carboni(CO ₂)	0,035%
Altres	0,003%



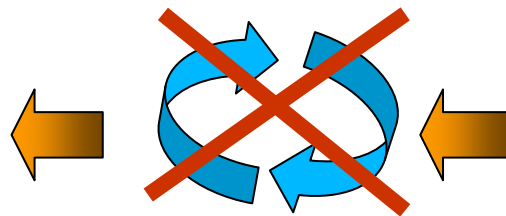
Estratosfera

- Es situa entre els 10 i els 50 km d'altitud.
- Els gasos es troben en estrats, no es barregen.

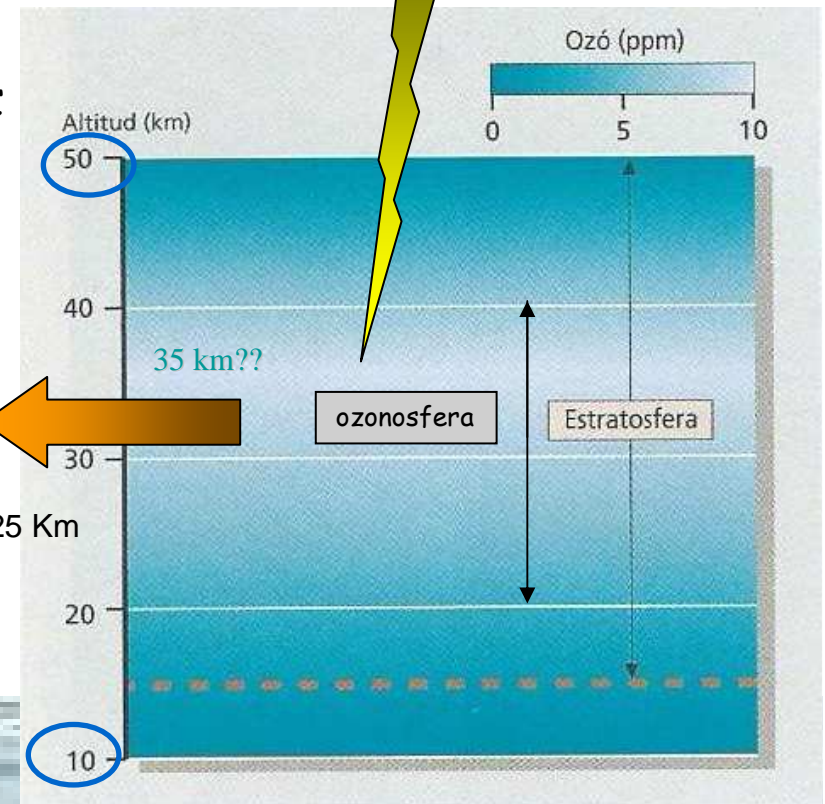
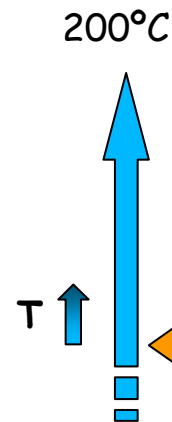


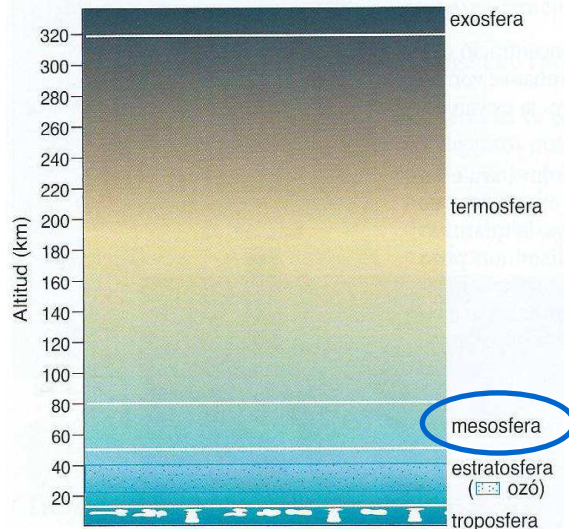
Radiació Ultraviolada

Condicions atmosfèriques estables



L'aire no es barreja



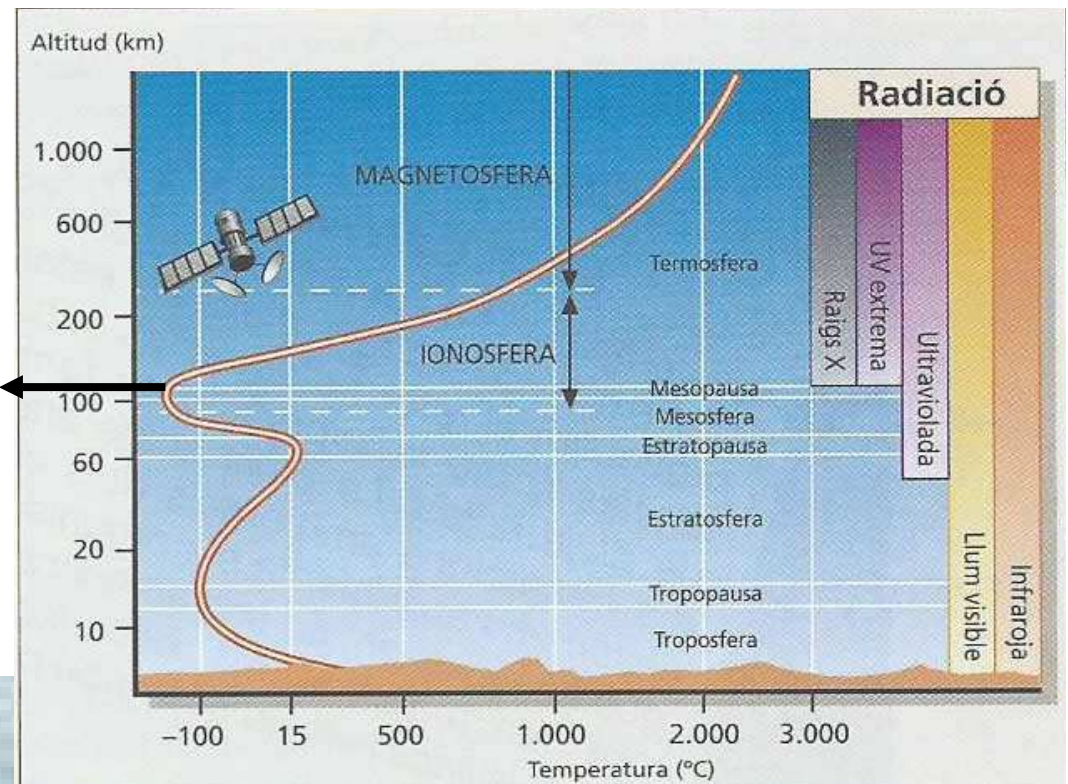


Mesosfera

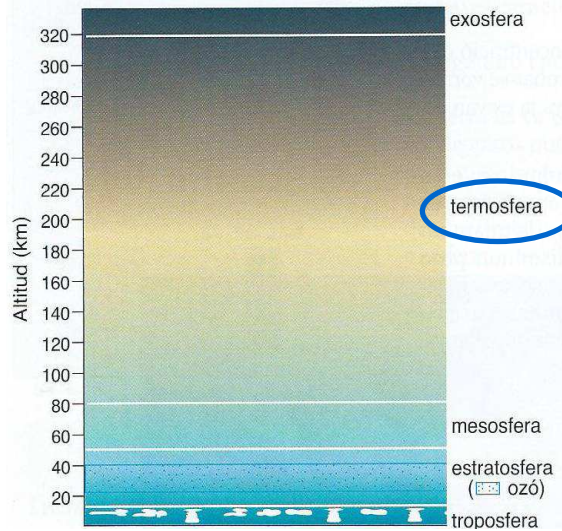
- Es situa entre els 50 i els 80 km d'altitud.
- Estratificació dels gasos d'acord amb la seva masa molecular.
- No hi ha vapor d'aigua ni ozó ➡ No s'absorbeix radiació

Temperatures ↓

-90°C
T ↓ ↑

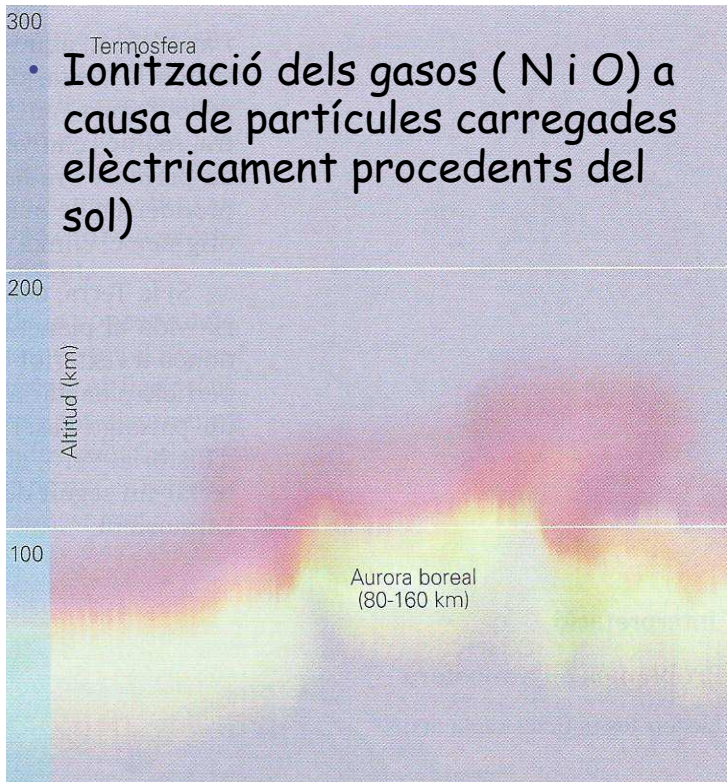


Termosfera (=ionosfera)



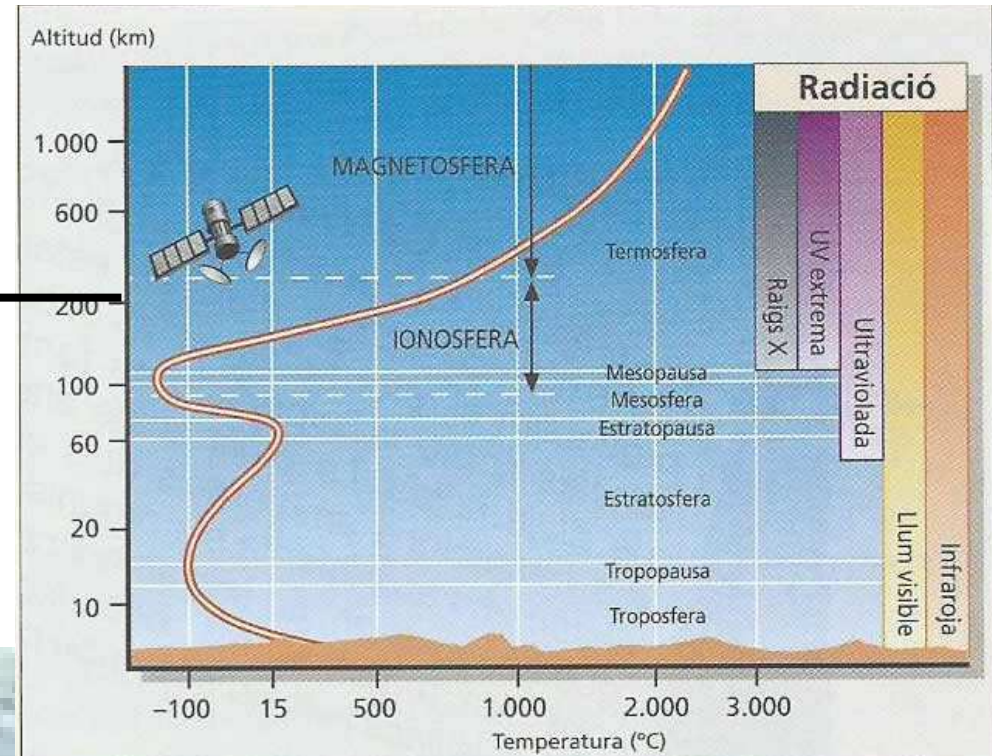
- Es situa entre els 80 i els 500 km d'altitud.
- La temperatura s'incrementa amb l'altitud.

Absorbeix radiacions molt energètiques (Raigs X, gamma, UV, ...)



- Ionització dels gasos (N i O a causa de partícules carregades elèctricament procedents del sol)

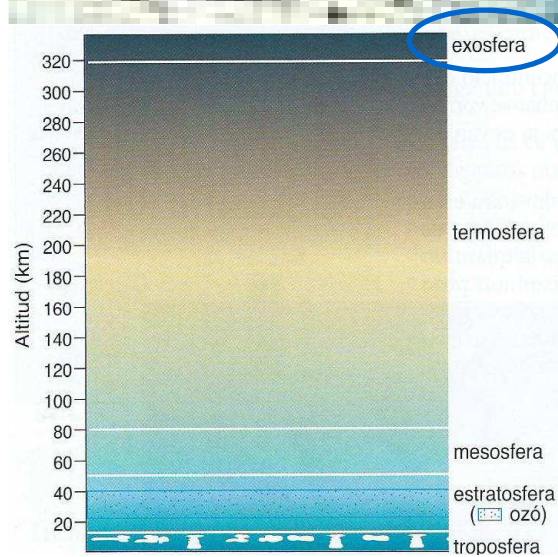
1000°C
T ↑





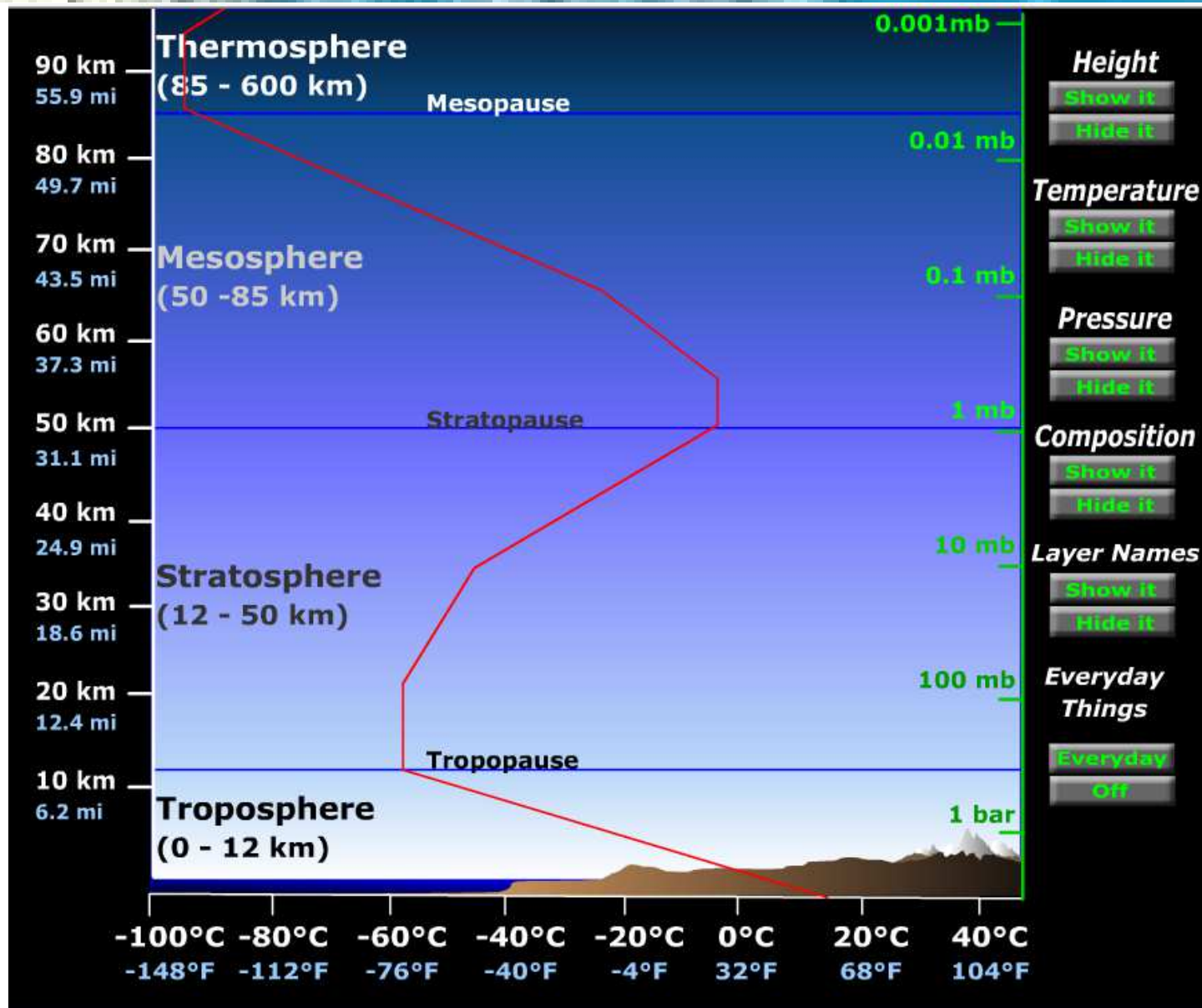
<http://www.youtube.com/watch?v=IGxVE2mFWYM>

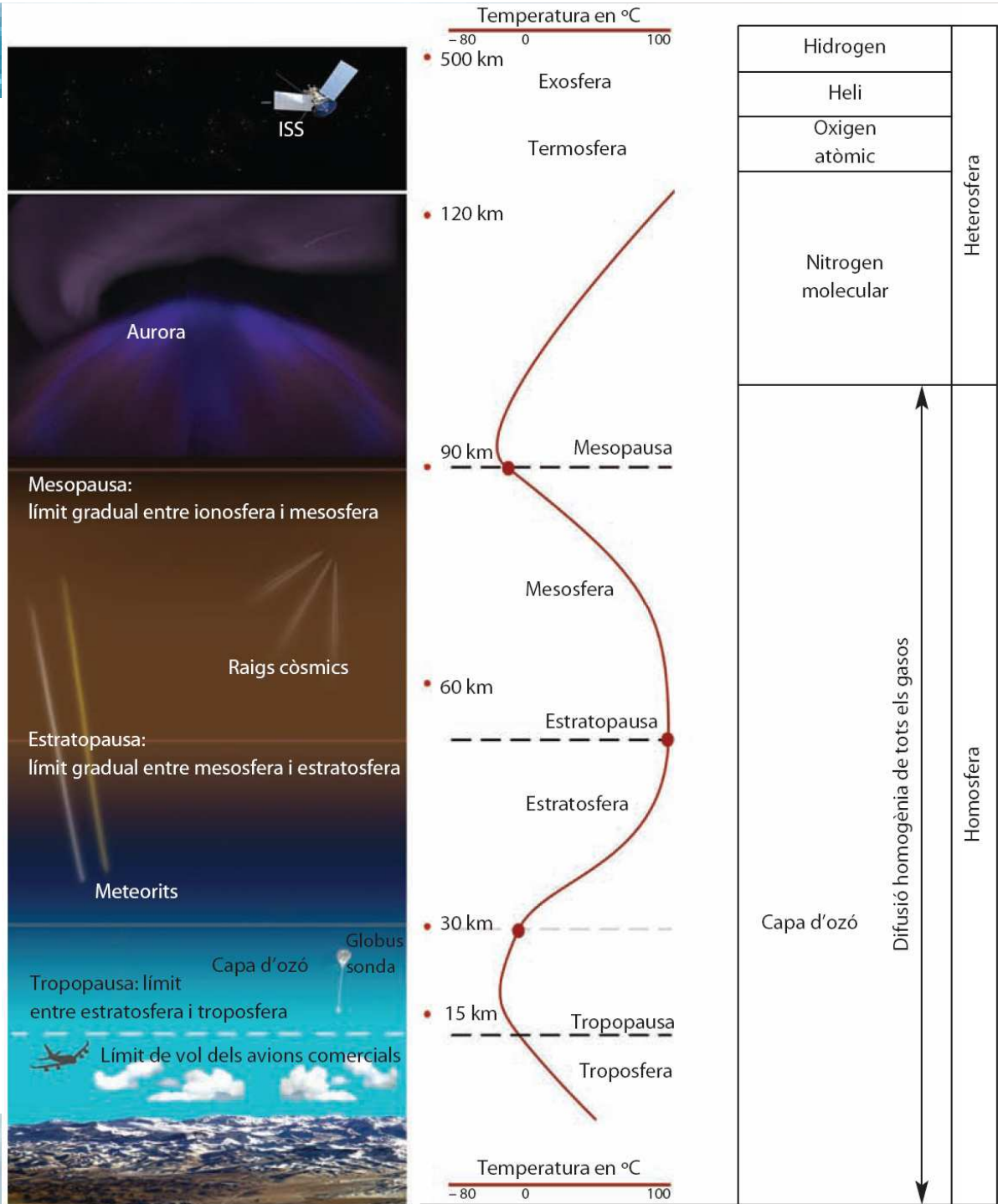
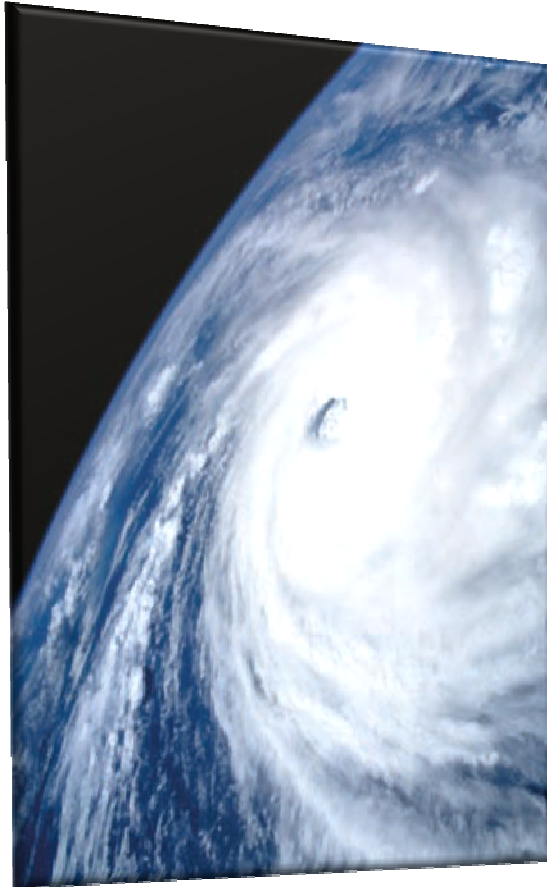




Exosfera

- S'estén des dels 500 Km d'altitud fins més enllà dels 1000 km.
- Només hi ha alguns àtoms d'O, H i He.







Cràters a la superfície de Mart formats pels impactes de meteorits.

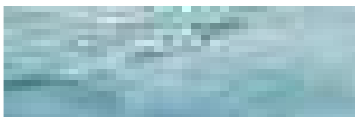


El cràter Barringer (Arizona, EUA), d'1,2 km de diàmetre i 200 m de fondària, es va formar deu fer uns 49.000 anys, quan un meteorit d'uns 50 m va impactar contra la Terra a una velocitat d'11 km · s⁻¹.

Qualsevol objecte més petit que un asteroide que es mou per l'espai s'anomena **meteoroides**. El fregament d'aquests cossos amb les partícules dels gasos de l'atmosfera pot produir, si no són gaire grans, que es vaporitzin per complet, i evita que arribin a la superfície terrestre; en aquests casos es parla de **meteors**. Aquest procés d'«extinció» dels meteors, que es produeix entre els 80 i 110 km d'altitud, deixa un efímer rastre lluminós ben clar al cel nocturn, per això es parla d'**estels fugaçs**. Els meteoroides que no s'han vaporitzat totalment i impacten contra la superfície reben el nom de **meteorits**.

Els **cràters d'impacte** són estructures geològiques formades quan un gran meteoroides, asteroide o cometa col·lideix amb un planeta o satèl·lit. Tots els cossos del sistema solar han estat bombardejats amb intensitat durant la seva història. Hi ha indicis que fa 3.900 milions d'anys el bombardeig va ser especialment intens sobre els cossos interiors del sistema solar. Les superfícies de Mart i de la Lluna (per esmentar només alguns dels astres més propers) conserven clarament les empremtes d'aquest bombardeig. A la Terra, al marge de la fusió dels fragments més petits en el seu camí per l'atmosfera, el bombardeig va ser igual d'important que el dels astres veïns. Només cal pensar que la superfície de la Terra és catorze vegades més gran que la de la Lluna, i la seva gravetat, sis vegades més. Però l'erosió de la superfície del nostre planeta per l'aigua (després de la condensació del vapor d'aigua atmosfèric i de la precipitació sobre la superfície) i pel vent (a causa del moviment de les masses d'aire per les diferències de temperatura a què estan sotmeses) ha fet desaparèixer una bona part d'aquests senyals dels impactes. En l'actualitat només s'han reconegut vora 120 cràters d'impacte a l'Amèrica del Nord, Europa i Austràlia.

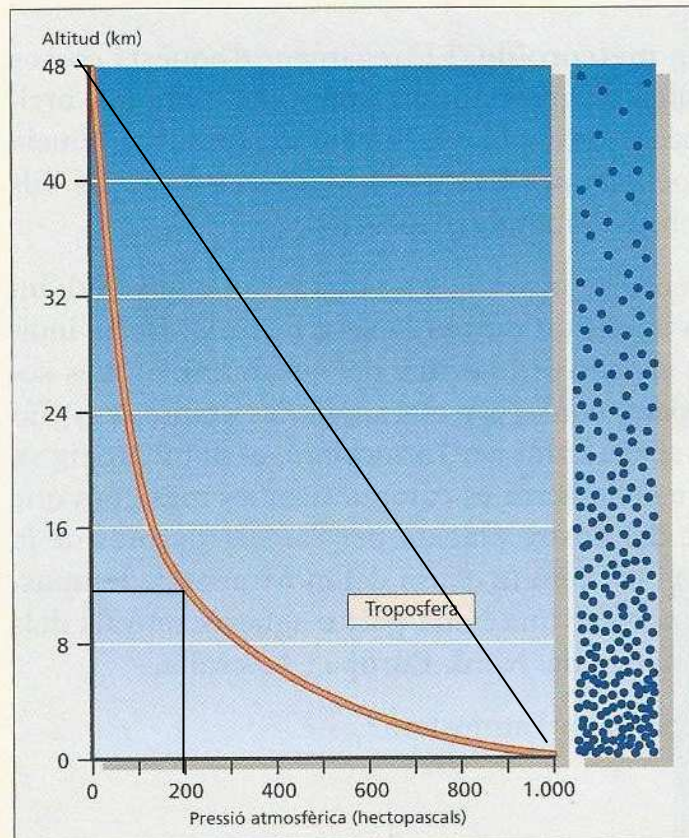
1. Què és un cràter d'impacte? A quins astres poden observar-se? Quin paper hi pot tenir l'atmosfera?
2. Diferencia un meteor d'un meteorit i d'un meteoroides.
3. La superfície de la Terra i de Mart, tot i que tots dos planetes tenen atmosfera, són molt diferents, entre altres raons, pel nombre de cràters d'impacte que s'hi poden observar. Quina explicació es dona a aquest fet?



Pressió atmosfèrica a nivell del mar → 1013 hectopascals = milibars = 1 atmosfera

Interpretació

La pressió atmosfèrica



Evolució de la pressió atmosfèrica segons l'altitud.

Es pot definir la pressió atmosfèrica com el pes de la columna d'aire que hi ha per sobre d'un objecte.

Tot i que no ho percebem, l'aire exerceix a nivell del mar una pressió al voltant d'un quilogram per centímetre quadrat ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$). Com que la Terra atreu les molècules dels diferents gasos que formen l'aire, la seva densitat és superior als nivells més baixos de l'atmosfera i, per tant, la pressió és superior.

La pressió atmosfèrica es mesura en hectopascals. La pressió normal a nivell del mar oscil·la entre els 980 i els 1.040 hectopascals perquè l'aire s'eleva en determinades regions i descendeix en d'altres.

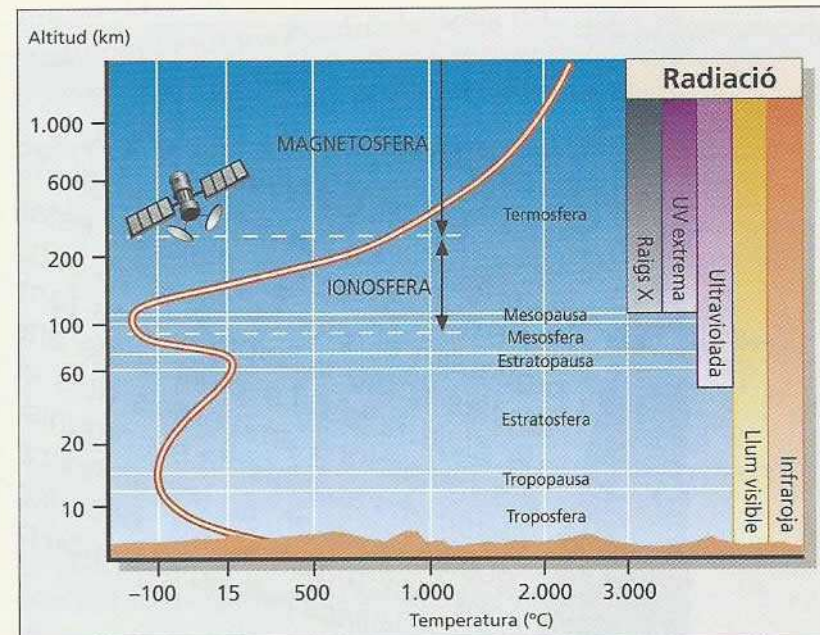
- El gràfic adjunt mostra l'evolució de la pressió atmosfèrica en funció de l'altitud. Utilitza la columna lateral per explicar la disminució de la pressió que s'hi observa.
- Determina en forma de percentatge la disminució de la pressió que s'ha produït a la tropopausa en relació amb la pressió atmosfèrica superficial.
- Per què a partir dels 25 km d'altitud la pressió ja disminueix molt poc?

Interpretació

Estructura de l'atmosfera

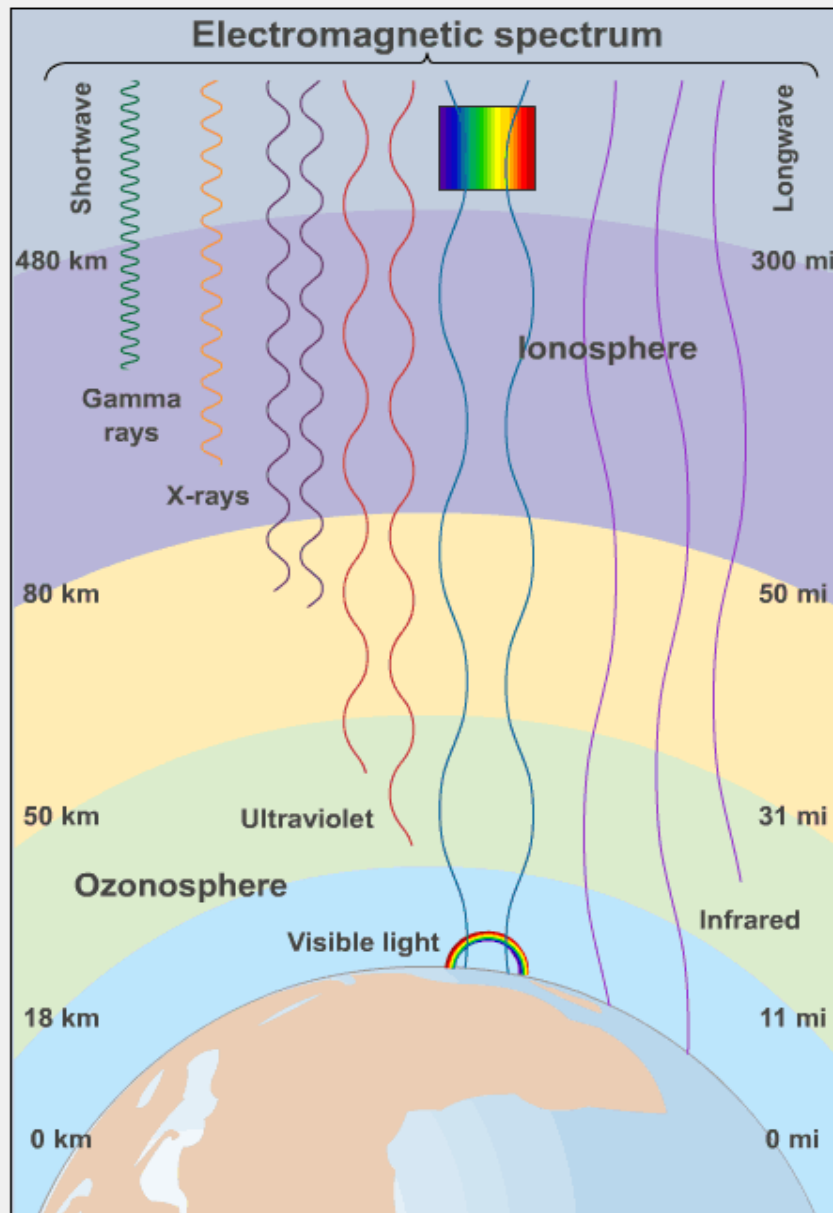
Observa el gràfic següent. S'hi mostra l'estructura vertical de l'atmosfera, l'evolució de la temperatura en relació amb l'altitud i la capacitat de penetració de les diferents radiacions que ens envia el Sol.

- Quines de les radiacions que envia el Sol no arriben a la superfície de la Terra? Per què?
- L'absorció d'aquestes radiacions té alguna cosa a veure amb l'evolució de la temperatura de l'atmosfera? Explica la resposta.
- Localitza en el gràfic l'ozonosfera i la ionosfera i descriu la seva importància per a la biosfera.
- L'atmosfera també intercepta alguns cossos sòlids que, si no, caurien sobre la superfície. A quina altitud es dona aquest fenomen? De quins cossos estem parlant?



L'ozó

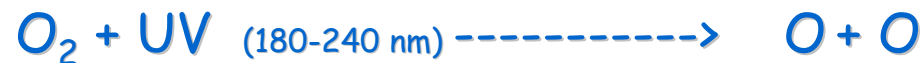
- L'ozó és un gas de color blau pàlid.
- L'ozó és una molècula triatòmica (O_3), gasosa i d'olor picant que es troba a tota l'atmosfera, inclosa la **troposfera**, on constitueix un **contaminant**.
- La major part de l' O_3 , però, es troba concentrada a l'**estratosfera** (de 20 a 40 Km d'altura) si bé la major concentració es troba a 35 Km???. L'espessor d'aquesta capa és variable, màxima a l'equador i mínima als pols, i es transporta d'uns llocs a uns altres a causa de la circulació horitzontal de l'estratosfera.
- Aquesta capa d'ozó es va començar a originar a partir de l' O_2 produït com a conseqüència dels processos fotosintètics dels éssers vius.



Ozone is a molecule formed by three atoms of oxygen, weakly bonded together in an unstable arrangement. As oxygen levels in Earth's atmosphere increased over billions of years, some oxygen gas (O_2) migrated into the stratosphere where it encountered increased levels of ultraviolet radiation. These reactions between oxygen and ultraviolet radiation formed the ozone layer, or ozonosphere (see next page). The atmosphere acts as a natural filter, absorbing harmful shorter wavelengths yet allowing life-giving visible light wavelengths to pass.

Proceed

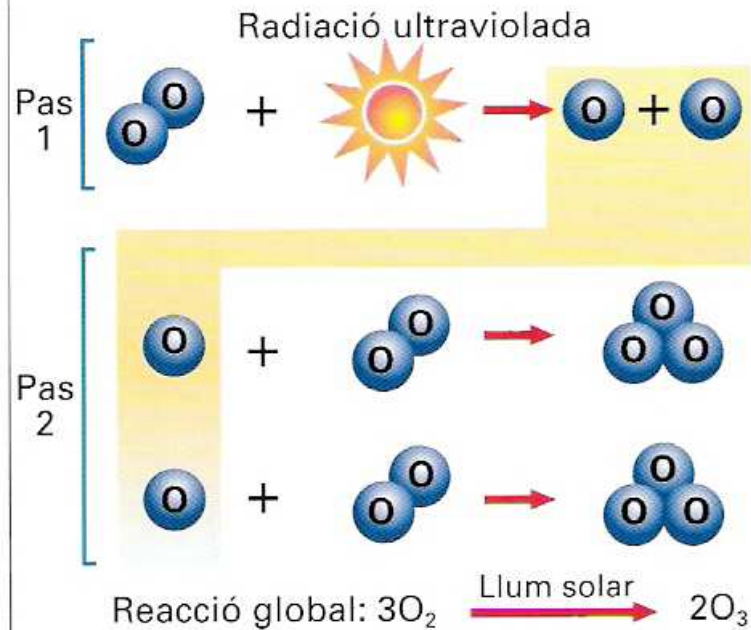
- La molècula d'ozó (O_3) es forma per fotodissociació de l'oxigen molecular (O_2). La radiació solar és capaç de trencar l'enllaç O-O, formant-se àtoms d'oxigen (O) molt reactius que s'uneixen amb una molècula d'oxigen (O_2) per a formar ozó (O_3). Per a aconseguir aquesta dissociació cal una enorme quantitat d'energia.



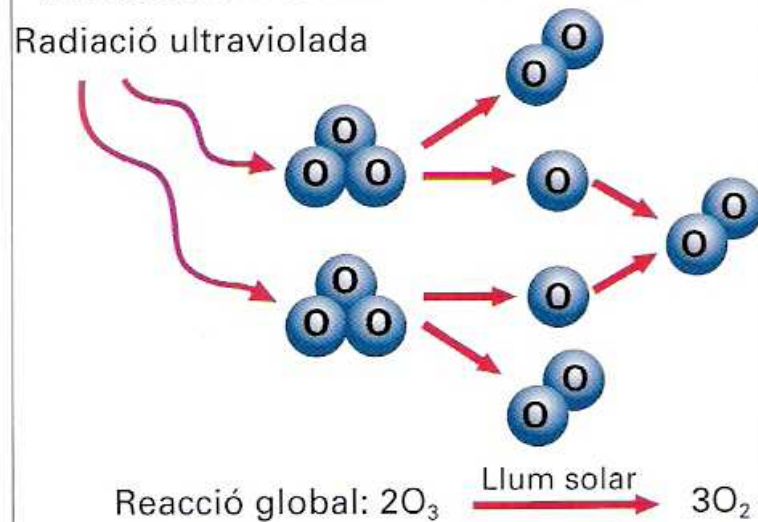
- D'altra banda, l'ozó (O_3) pot reaccionar amb oxigen atòmic (O) i fotodissociar-se, produint oxigen molecular. Tanmateix aquest procés és molt més lent que el procés de formació de l'ozó, tant que si no fos per l'existència d'altres reaccions químiques a l'estratosfera, de les quals parlarem més endavant (destrucció de la capa d'ozó), aquest gas s'aniria acumulant lentament en aquesta capa de l'atmosfera.



Producció d'ozó estratosfèric



Destrucció natural d'ozó estratosfèric

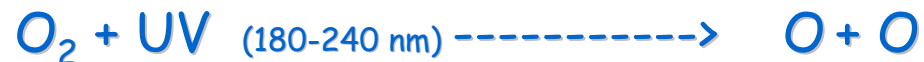


L'afebliment de la capa d'ozò

http://cassany.cat/CTMA/tema3/CTMA03_02.html

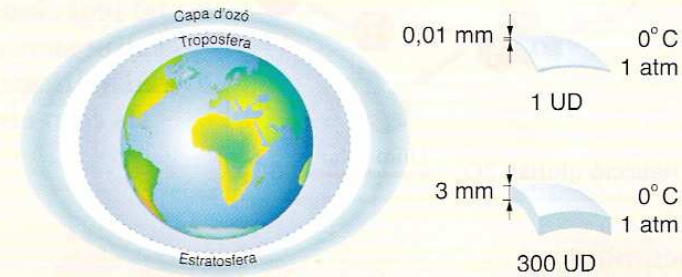
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2_Agujero_de_la_capa_de_ozono/-_formaci_n_de_ozono_34m.html

- L'any 1970 primers indicis de la disminució
- L'any 1984 a l'Antartida hi havia el 60% de l'ozò que als anys 60.
- La disminució te lloc en tot el planeta excepte a l'equador. Parlem de "forat a la capa de ozò" però relament es que disminueix el gruix.
- La concentració d'ozò es mesura en Unitats Dobson (UD).
- 1 UD= Concentració d'ozò que a 0°C i 1 atmosfera de pressió formaria una capa de 0,01 mm de gruix.
- 1UD = $2,69 \cdot 10^{16}$ molècules d'ozò/cm²
- Nivell mitjà a l'estratosfera 300 (UD) = 3 mm de gruix a 0°C i 1 atm.

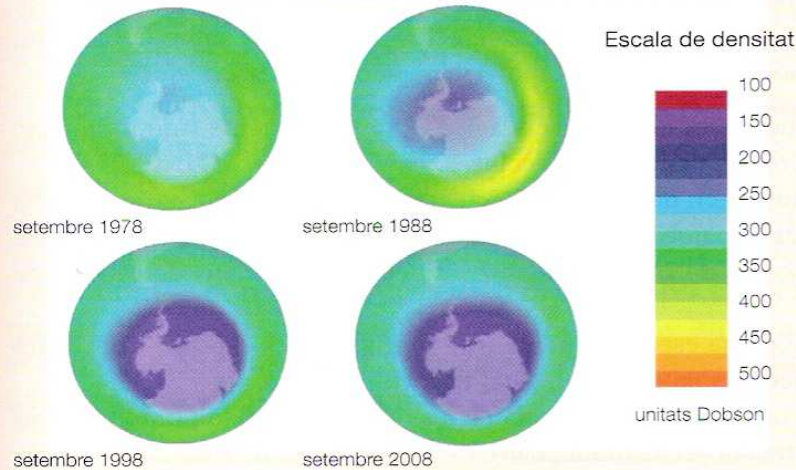


El forat a la capa d'ozó

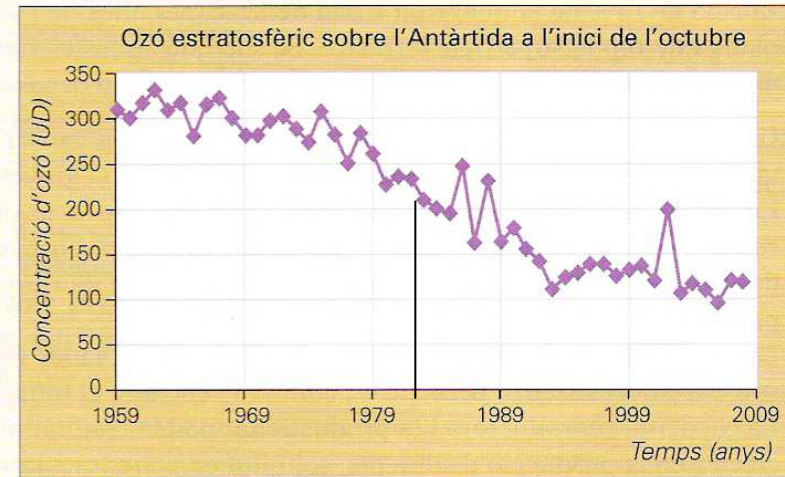
La concentració d'ozó a l'atmosfera es mesura en unitats Dobson (UD). Una unitat Dobson es defineix com la concentració d'ozó que a 0 °C i a una atmosfera de pressió formaria una capa de 0,01 mm de gruix. Així, una mesura de 300 unitats Dobson en un punt de l'atmosfera significa que, si tot l'ozó que hi ha sobre aquella regió del planeta es trobés a una atmosfera de pressió i 0 °C de temperatura, formaria sobre la mateixa superfície una capa aproximadament de 3 mm de gruix. Les unitats Dobson equivalen a $2,69 \cdot 10^{16}$ molècules per centímetre quadrat.



Observa els dibuixos inferiors. Mostren l'evolució de la concentració de l'ozó en les capes altes de l'atmosfera.

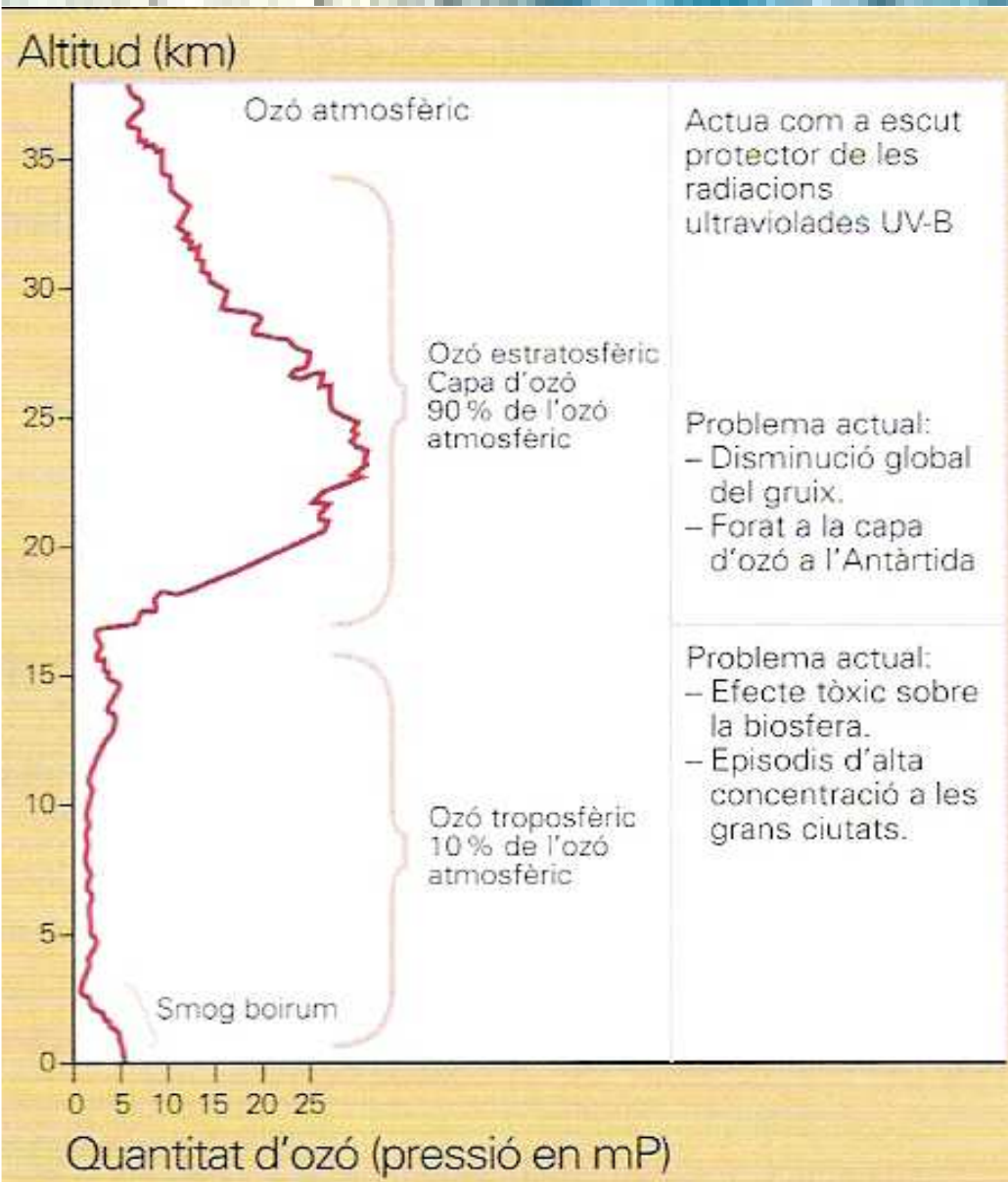


Imatges de la concentració d'ozó sobre l'Antàrtida.

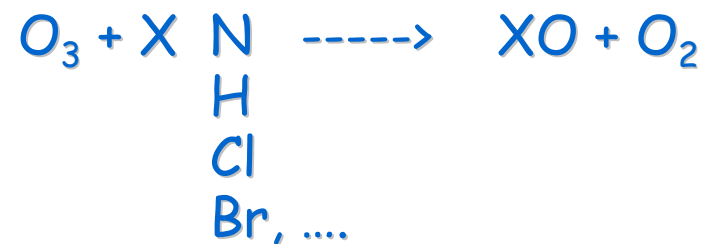


Quantitat d'ozó (O_3) estratosfèric sobre l'Antàrtida.

1. Amb l'escala de colors, determina la concentració d'ozó que hi havia just damunt del pol Sud els anys 1979, 1988 i 1998 i 2008. Explica el significat dels valors que observis. Assenyalan l'evolució.
2. Observa el gràfic de la dreta i exposa la informació que et proporciona.
3. Dona una explicació possible de la cíclica variació anual de l'ozó.
4. Determina a partir del mateix gràfic la màxima concentració d'ozó que es va mesurar el 1959 i del 2008. Determina en forma de percentatge la reducció experimentada. Tens alguna idea de les causes que poden haver provocat aquesta disminució?
5. Es parla de forat quan la mesura de l'ozó davalla de les 220 UD. A partir de quin any es va produir aquest fet?



- Però l'ozó es combina amb N, H, Cl, Br,



Document

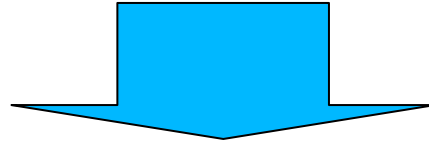
Efectes de l'esgotament de l'ozó

L'esgotament de l'ozó atmosfèric augmenta la intensitat de la radiació ultraviolada que arriba a la superfície de la Terra. Una reducció de l'1% de la quantitat d'ozó de les capes altes de l'atmosfera pot suposar un increment del 2% de la radiació ultraviolada que rep la superfície terrestre. Se sap que aquestes radiacions tenen nombrosos efectes perjudicials sobre la biosfera, sobretot per les alteracions que poden produir en l'àcid desoxiribonucleic (ADN), el material genètic dels éssers vius:

- Una exposició superior a la radiació ultraviolada pot causar una disminució de l'eficàcia del nostre sistema immunitari, la qual cosa pot generar un augment de la incidència i la gravetat de les malalties infeccioses.
- L'augment dels nivells de radiació ultraviolada pot provocar un augment de les lesions oculars, sobretot de les cataractes. S'ha calculat que per cada punt percentual de disminució de l'ozó, cada any quedaran cegues 100.000 persones per cataractes causades per les radiacions. Un dels efectes més perillosos de l'esgotament de l'ozó és l'increment dels diversos tipus de càncers de pell.
- La sensibilitat de les plantes a les radiacions ultraviolades varia d'una espècie a una altra. Algunes de les espècies conreades són bastant resistents, però altres, com ara l'enciam, el tomàquet, la soja o el cotó, són força vulnerables.
- La capacitat reproductora i la productivitat poden resultar afectades per la incidència de les radiacions. Això pot tenir greus efectes en la producció d'aliments, sobretot en zones que ja sofreixen greus mancances.
- El fitoplàncton i el zooplàncton també són sensibles a les radiacions ultraviolades. Com que són en la base de les xarxes tròfiques, es pot produir una disminució de la productivitat del mar, que afectaria els diversos sistemes aquàtics i, com és lògic, tindria repercussions importants en la indústria de la pesca. Finalment, aquestes radiacions destrueixen els microorganismes, sobretot els aquàtics, que es troben menys protegits de les radiacions que els microorganismes terrestres. Això pot interferir en el cicle dels diferents elements biogeoquímics.

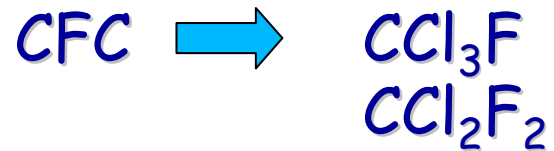
1. Resumeix els principals efectes que l'esgotament de l'ozó causa en la salut de les persones.
2. Quina és la conseqüència principal de la disminució de la productivitat dels vegetals? Justifica-ho.
3. La major part dels microorganismes terrestres viuen en el sòl, on actuen com a responsables de la descomposició de les restes orgàniques dels éssers vius. Explica per què creus que les radiacions ultraviolades són més perjudicials per als microorganismes aquàtics que per als terrestres.

- Si ↓ O₃ → ↑ Radiació ultraviolada en la superfície del planeta

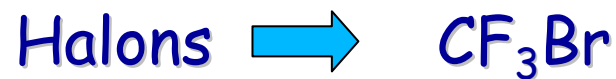
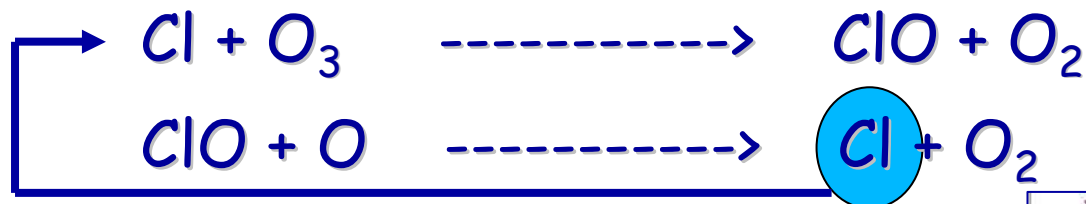


- ✓ ↑ Lesions oculars
- ✓ ↑ Cancers de pell
- ✓ ↓ Eficàcia del sistema immunitari
- ✓ Les plantes són força resistents, amb excepcions: enciam, tomaquet, soja, cotó,
- ✓ ↓ Capacitat reproductora dels animals → ↓ aliment
- ✓ ↓ Fitoplancton i zooplàncton → ↓ energia (i matèria) en les cadenes tròfiques marines → ↓ pesca

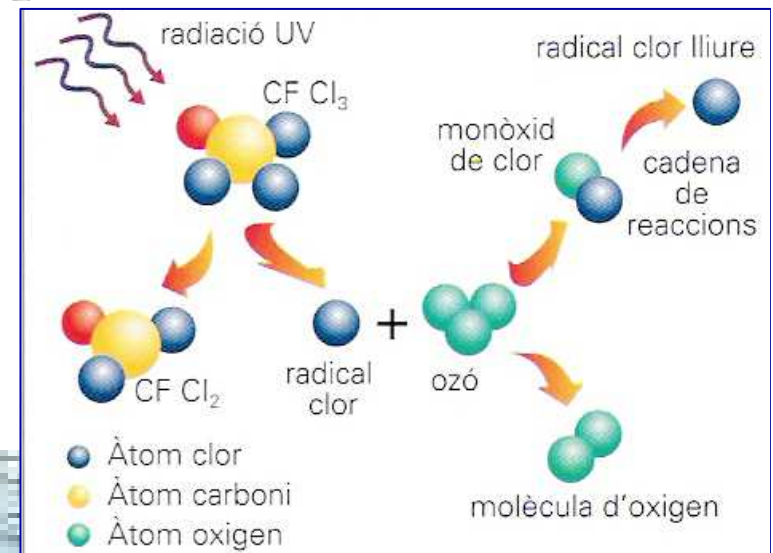
- Els CFC (clorofluorocarbonis) i els halons (bromofluorocarbonis) es combinen amb l'ozó destruint-lo.



- ✓ Molt estables
- ✓ S'utilitzaven com a refrigerants, en escumes, plàstics, aerosols, dissolvents,...



- ✓ S'utilitzaven en els extintors d'incendis.



Evolució del protocol de Mont-real

El 1987, els governs de més de vuitanta països, van aprovar el protocol de Mont-real sobre les substàncies que esgoten la capa d'ozó. Aquest protocol va entrar en vigor el gener de 1989 i regulava el procés de fabricació i reducció de l'ús de CFC i derivats.

El Protocol ja preveia la necessitat de fer un seguiment dels acords i de l'evolució de la capa d'ozó per introduir-hi canvis. Així, posteriorment, s'han introduït quatre canvis: l'«esmena de Londres» (1990), l'«esmena de Copenhaguen» (1992), l'«esmena de Mont-real» (1997) i l'«esmena de Beijing» (1999).

S'espera que al juliol de 2009, la reunió de seguiment prevista a Copenhaguen, valori els resultats i s'apliquin les sancions previstes als països ratificants que hagin incomplert els compromisos.

Estat de la ratificació el 6 de març de 2009						
	Convenció de Viena	Protocol de Mont-real	Esmena de Londres	Esmena de Copenhaguen	Esmena de Mont-real	Esmena de Beijing
Quantitat de països	194	194	191	186	172	153

Al web <http://ozone.unep.org/spanish> podreu trobar un informe força ampli del seguiment de l'aplicació d'aquests protocols, del forat de la capa d'ozó i dels efectes que té sobre el medi ambient.

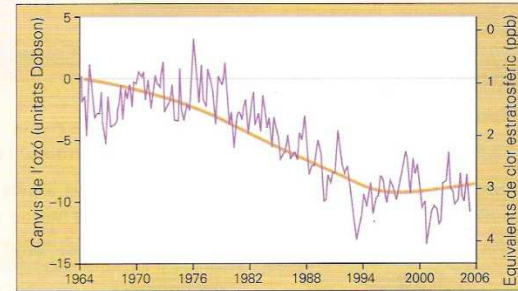
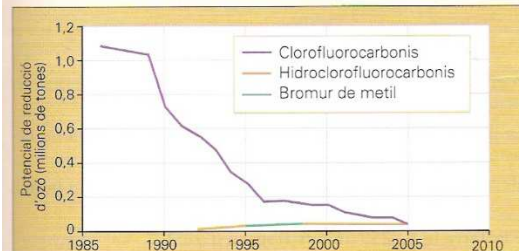
Fórmula	Codi	Ús	Consum mundial el 1996 (milers de tones)	Anys de persistència	PEO
CCl ₃ F	CFC-11	P, R, F	410	65	1
CCl ₂ F ₂	CFC-12	P, R	480	107	1
CCl ₂ F, CClF ₂	CFC-113	D	175	88	0,8
CF ₃ Br	Haló 1.301	E	10	110	10

PEO: potencial d'esgotament de l'ozó, mesurat en relació amb el CFC-11, al qual s'assigna un valor 1.

P: propulsor; R: refrigerat; F: fabricació d'espumes; D: dissolvent; E: extintor.



Font: NASA (<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>).



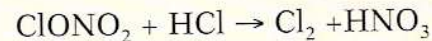
Desviació de l'ozó total entre les latituds 60° N-60° estimada a partir de mesures instrumentals. La línia representa els equivalents estratosfèrics de clor (EESC) en parts per bilió.

1. Com afecten els CFC i els halons l'ozó de les capes altes de l'atmosfera? Explica el procés.
2. Si el consum de l'haló 1301 en relació amb els CFC és tan baix, per què preocupa la seva emissió?
3. Explica que representa cada gràfic.
4. Si la concentració d'ozó el 1980 era de unes 220 UD, quina serà la concentració actual segons la gràfica dreta?
5. Explica la relació que hi ha entre la variació de l'ozó i la concentració de clor.

Document

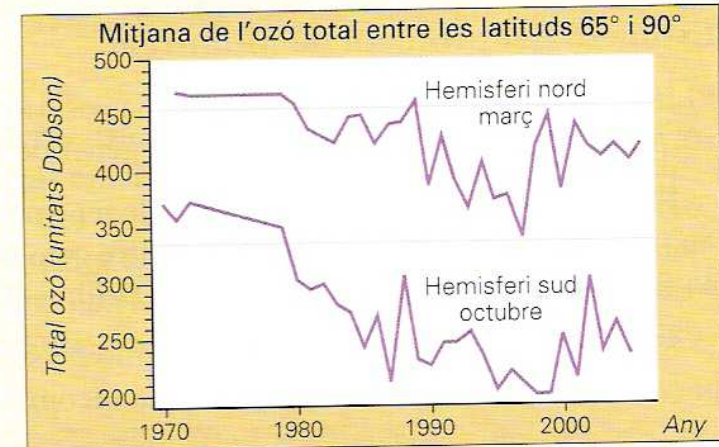
Per què s'obre l'Antàrtida?

- Com que l'Antàrtida és pròpiament un continent, situació que no es dona al pol Nord, té una atmosfera més freda.
- Sobre l'Antàrtida es genera una mena d'«embut polar» d'aire molt fred a causa de les baixes temperatures i la rotació terrestre. L'aire de la baixa estratosfera arriba a temperatures de -80 °C i es formen grans núvols de cristalls d'àcid nítric i aigua.
- A l'estratosfera hi ha nitrat de clor (ClONO_2) i àcid clorhídric (HCl), que no poden reaccionar amb l'ozó; però quan entren en contacte amb els cristalls que constitueixen els núvols, es produeixen diverses reaccions químiques:



- El clor molecular es trenca fàcilment en presència de llum (fotòlisi). El Sol incideix molt obliquament durant l'hivern polar, però n'hi ha prou amb la radiació ultraviolada que arriba per trencar el clor ($\text{Cl}_2 + R \text{ UV} \rightarrow 2\text{Cl}$). El clor atòmic reacciona amb l'ozó i n'accelera la descomposició (pàgina 21, els CFC).

1. Enuncia la idea clau de cadascun dels apartats del document.
2. Escriu les reaccions químiques que tenen lloc a l'atmosfera del pol Sud durant l'hivern i que afebleixen la capa d'ozó. Quin paper tenen els cristalls dels núvols polars? Per quina raó es formen?
3. Per quina raó els màxims de cada hemisferi s'obtenen en diferents èpoques de l'any?
4. Segons el nivell mínim de 220 UD es pot considerar que hi ha forat d'ozó a l'hemisferi nord?



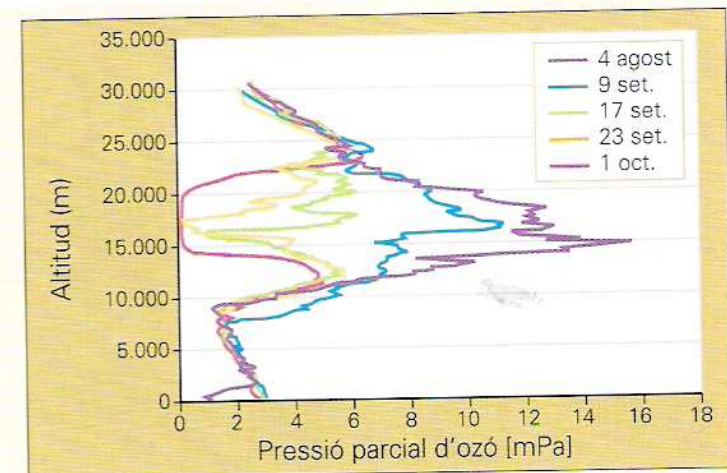
Mitjana total de la columna d'ozó de la zona polar (latitud 63°) en primavera (HN-març a l'hemisferi nord i HS-octubre a l'hemisferi sud) en unitats Dobson (UDB), a partir de dades instrumentals de diversos satèl·lits.

Interpretació

Ozó sobre l'Antàrtida

La gràfica representa la quantitat d'ozó que hi havia a diferents altures al pol Sud el 2005.

1. Quines variables hi ha representades?
2. Quina és la quantitat d'ozó a 10 km a l'agost i a l'octubre? I a 15 km?
3. Segons la gràfica en quina època de l'any i a quina alçada s'observa el forat a la capa d'ozó? Quina estació de l'any representa?
4. Per quina raó es produeix aquesta variació al llarg de l'any?



Qüestions i problemes

1. Es diu sempre que l'atmosfera és una capa fina de gasos que envolta la Terra. No obstant això, té un gruix superior als 1.000 km. Busca arguments per tal de justificar l'afirmació inicial.
2. Al començament de la unitat s'ha plantejat una pregunta: les pluges de meteors poden considerar-se una prova de l'existència de l'atmosfera? Respon la pregunta i explica la resposta.
3. Enumera els principals problemes ambientals relacionats amb l'alteració de les propietats de l'atmosfera. Indica'n també les causes.
4. Què són les unitats Dobson? Què vol dir que sobre un punt de la Terra hi ha 250 unitats Dobson d'ozó?
5. Enumera els efectes perjudicials de les radiacions ultraviolades sobre la vida del planeta.
6. Esquematitza les equacions de formació i destrucció de l'ozó i indica el paper de les radiacions ultraviolades.
7. Què es vol dir quan s'afirma que hi ha un «forat» a la capa d'ozó?
8. Explica quina és la composició química dels CFC i els seus usos industrials. Com interfereixen aquestes substàncies en el cicle de formació i descomposició de l'ozó?
9. Què és el protocol de Mont-real? Quina transcendència té pel que fa a la disminució de l'ozó estratosfèric?
10. Per què segueix preocupant la disminució de l'ozó si ja no es consumeixen molts CFC ni halons?

Enllaços d'interès i bibliografia

- Vídeos:

Circulació general de l'atmosfera:

<http://www.youtube.com/watch?v=cy9eslJCN1k>

<http://www.youtube.com/watch?v=JL82raPWj3Y>

- ANIMACIONES

Animació balanç energètic de l'atmosfera: http://www.bioygeo.info/Animaciones/Balance_energetico_atmosfera.swf

Circulació general de l'atmosfera: <http://www.bioygeo.info/Animaciones/CGA.swf>

Animació dels fronts: <http://www.bioygeo.info/Animaciones/Frentes.swf>

Circulació general atmosfèrica Meteo-educa: <http://www.xtec.net/~gbermell/meteoeduca/fronts.htm>

Animació Front clos: <http://www.bioygeo.info/Animaciones/Oclusion.swf>

- Pàgines web:

Pàgina d'en Toni Cassany: http://cassany.cat/CTMA/tema3/CTMA03_02.html

http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2_Agujero_de_la_capa_de_ozono/-_formaci_n_de_ozono_34m.html

<http://blocs.xtec.cat/ctma/category/ctma-2n-btx/>