

Atmosfärfysik - föreläsning för lärare

Atmosfärens fysik, lager och egenskaper

Denna föreläsning ger en stadig introduktion till atmosfärfysik, med fokus på atmosfärens lager och egenskaper.

Atmosfärens olika lager	2
Troposfären	2
Stratosfären	3
Mesosfären	3
Termosfären	3
Exosfären	4
Lufttryck och höjd	4
Atmosfärens sammansättning	6
Jonosfären	6
Experiment	8

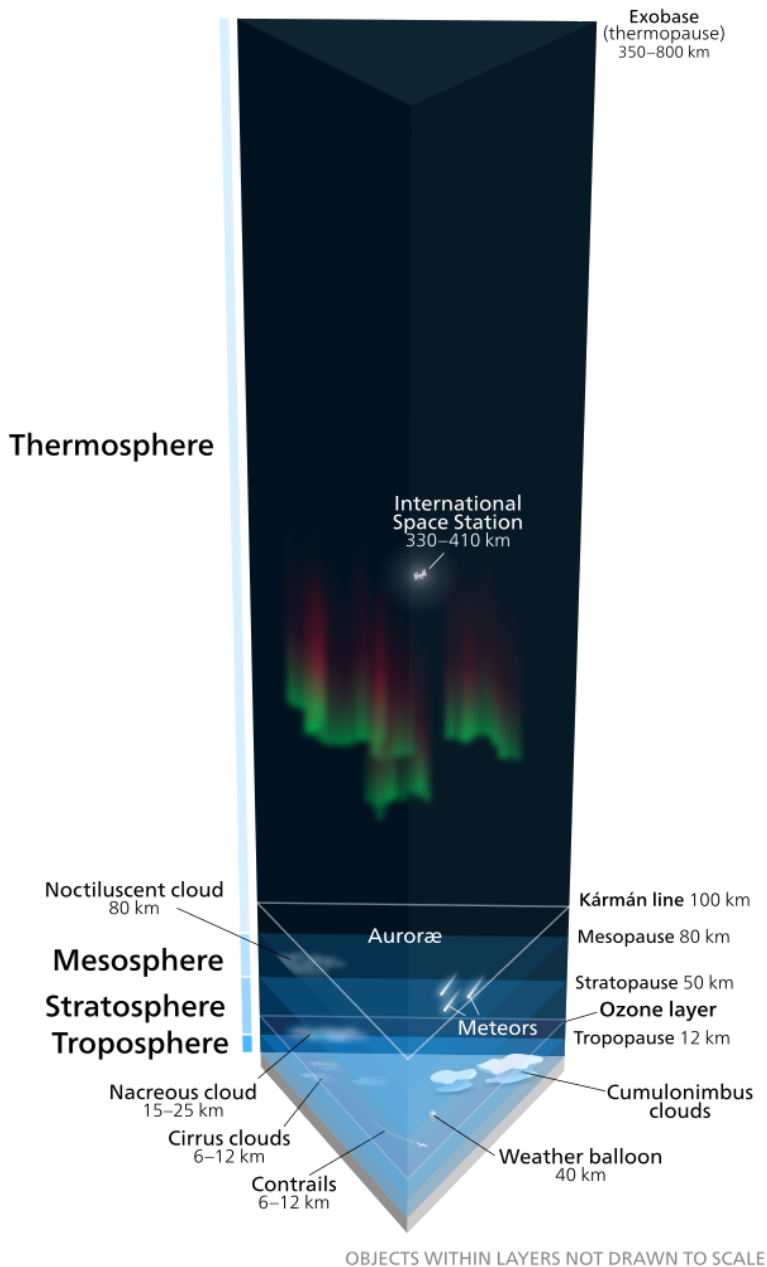
E-post: cansat@au.se

Telefon: 070-000 90 56

Senast uppdaterad: 2/9 2021


Atmosfärens olika lager

Jordens atmosfär kan delas in i lager baserat på sammansättning och temperatur.



Troposfären

Det understa lagret i atmosfären kallas **troposfären**. Troposfären börjar vid ytan och sträcker sig ca 12 km upp. Ett av de utmärkande dragen för troposfären är att temperaturen minskar med höjden eftersom det mesta av värmen kommer från jordytan. Denna temperaturskillnad diver



konvektion vilket blandar luftmassorna. Troposfären innehåller nästan all av atmosfärens totala vattenånga och därför också allt väder. Troposfären är den tätaste delen av atmosfären och innehåller ca 80% av dess totala massa. Troposfärens övre gräns är en så kallad inversion som är när varmare luft ligger ovanför kallare luft vilket stoppar konvektion. Över denna gräns börjar stratosfären.

Stratosfären

Stratosfären sträcker sig från ca 12 km höjd till ca 55 km. Stratosfären innehåller ozonlagret vilket är ett skick som innehåller mellan 2 och 8 delar på miljonen ozon, vilket är mycket mer än andra delar av atmosfären. I stratosfären stiger temperaturen med höjden. Detta beror på att värmen kommer från UV-ljus som absorberas av ozon. Temperaturerna i detta lager varierar från ca -60 grader C vid botten till ca 0 grader C längst upp. Denna temperaturprofil är stabil vilket gör att i princip inget väder förekommer i stratosfären med undantag av vissa ovanliga molntyper. Slutet på stratosfären markeras av att temperaturen börjar sjunka med höjd igen.


Mesosfären

Mesosfären är det tredje lagret i atmosfären och sträcker sig mellan ca 55 km upp till mesopausen på ca 85 km höjd. I detta lager kan de kallaste temperaturerna nås på jorden men en snittemperatur på -85 grader C. Toppen av mesosfären är så kall att den mycket lilla mängd vattenånga som finns där fryser och kan bilda **nattlysande moln**.

Nattlysande moln är ovanliga och de högsta som bildas på jorden. De syns inte på dagen utan bara efter skymning och innan gryning när de blir belysta av solen utan att resten av himlen är det. Mesosfären är för tunn för att vara tillgänglig för flygplan eller ballonger men för tät för att satelliter ska kunna flyga genom den, de enda sätten att undersöka lagret är med sonderingsraketer eller raketflygplan. Mesosfären är det lager där de flesta meteoriter brinner upp. Mesopausen är gränsen mellan mesosfären och termosfären och består av ett temperaturminima.

Termosfären

Termosfären är det näst högsta lagret i atmosfären. Termosfären börjar vid mesopausen (vid ca 85 km) och slutar vid termopausen (på en höjd av ca 500-1000 km). Den stora variationen beror mest på aktivitet från solen. Termosfären innehåller jonosfären vilket är ett lager av gas som joniseras av solen. Jonosfären spelar stor roll för radioanvändare eftersom den möjliggör sändning av signaler över horisonten för vissa frekvenser. Temperaturerna i termosfären kan vara



mycket höga, upp till 1500 grader C, men eftersom gasen är så gles kan denna temperatur inte överföras till andra objekt. Norrsken förekommer ibland i termosfären och satelliter som låg omloppsbana som t.ex. ISS befinner sig även där.

Exosfären

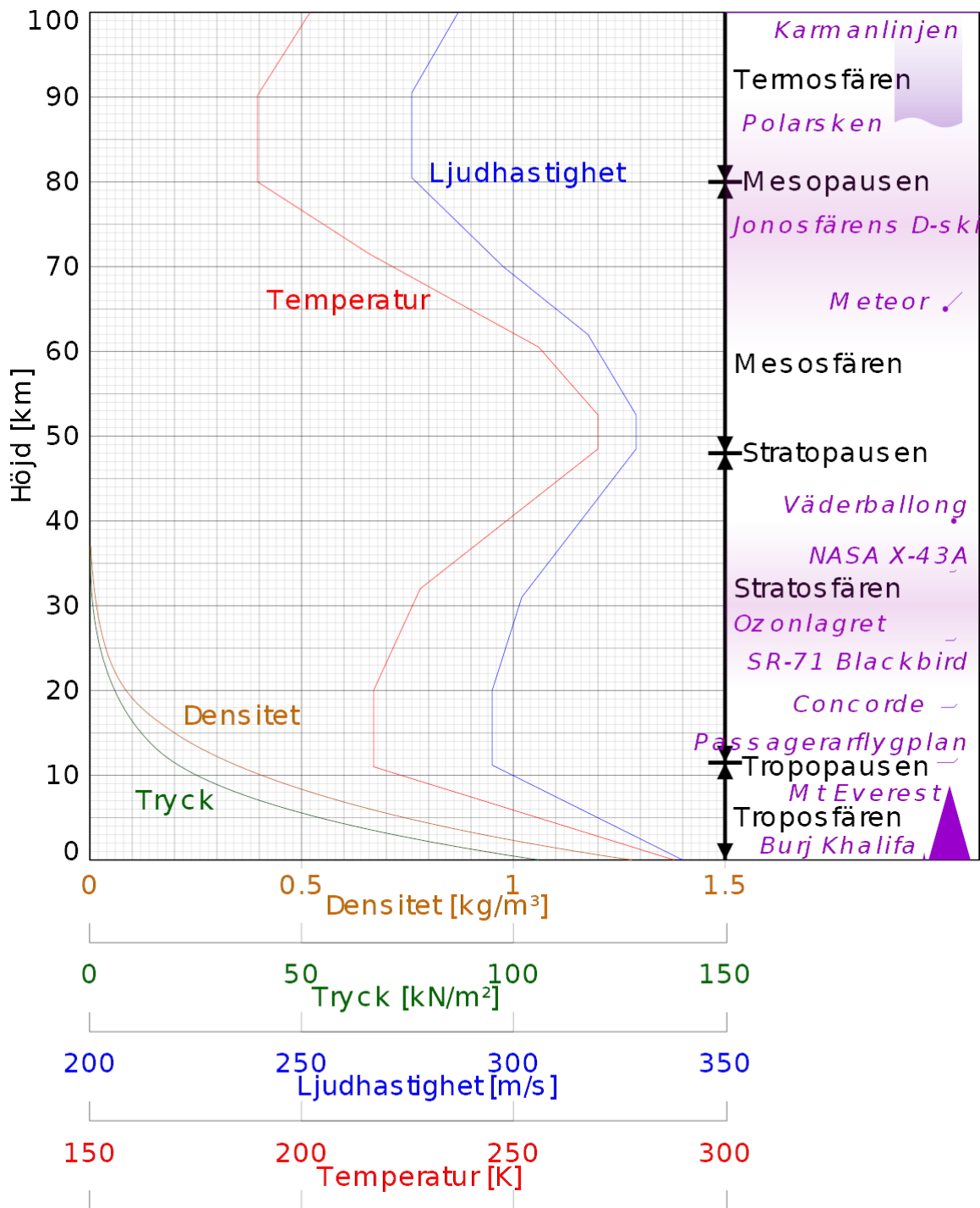
Jordens atmosfär tar inte slut vid en exakt höjd. Atmosfären blir tunnare med höjden och går sedan in i solvinden. **Exosfären** räknas som det översta lagret i atmosfären och det börjar vid termopausen på mellan 500 och 1000 km höjd och "slutar" vid ca 10.000 km. Materialet i exosfären är så tunt att det inte beter sig som en gas utan atomerna följer kastbanor och flyger ofta ut i rymden. De flesta atomer här är väte eller helium med högre koncentrationer av tyngre ämnen längre ner. De flesta satelliterna befinner sig i detta lager.

Luftryck och höjd

I atmosfären råder ett ganska enkelt förhållande mellan tryck och höjd. Trycket avtar exponentiellt med höjd och halveras varje 5,6 km. Detta betyder att halva atmosfärens massa ligger under 5,6 km och 75% under 11,2 km osv. Om hela atmosfären hade samma densitet som den har vid havsnivå skulle den sluta tvärt vid 8,5 km höjd.

Karmanlinjen är en godtycklig gräns som har dragits vid 100 km höjd som markerar var rymden börjar. Inget av speciell fysisk vikt händer där, och en del atmosfäriska fenomen uppträder på högre höjd, men enligt internationell överenskommelse kan människor som färdas högre än detta kallas **astronauter**.

Ljudhastigheten i en ideal gas beror endast på temperaturen. Luften i atmosfären kan approximeras som en ideal gas, så ljudhastigheten har samma typ av komplicerade profil som temperaturen istället för att fortsätta avta som trycket och densiteten.

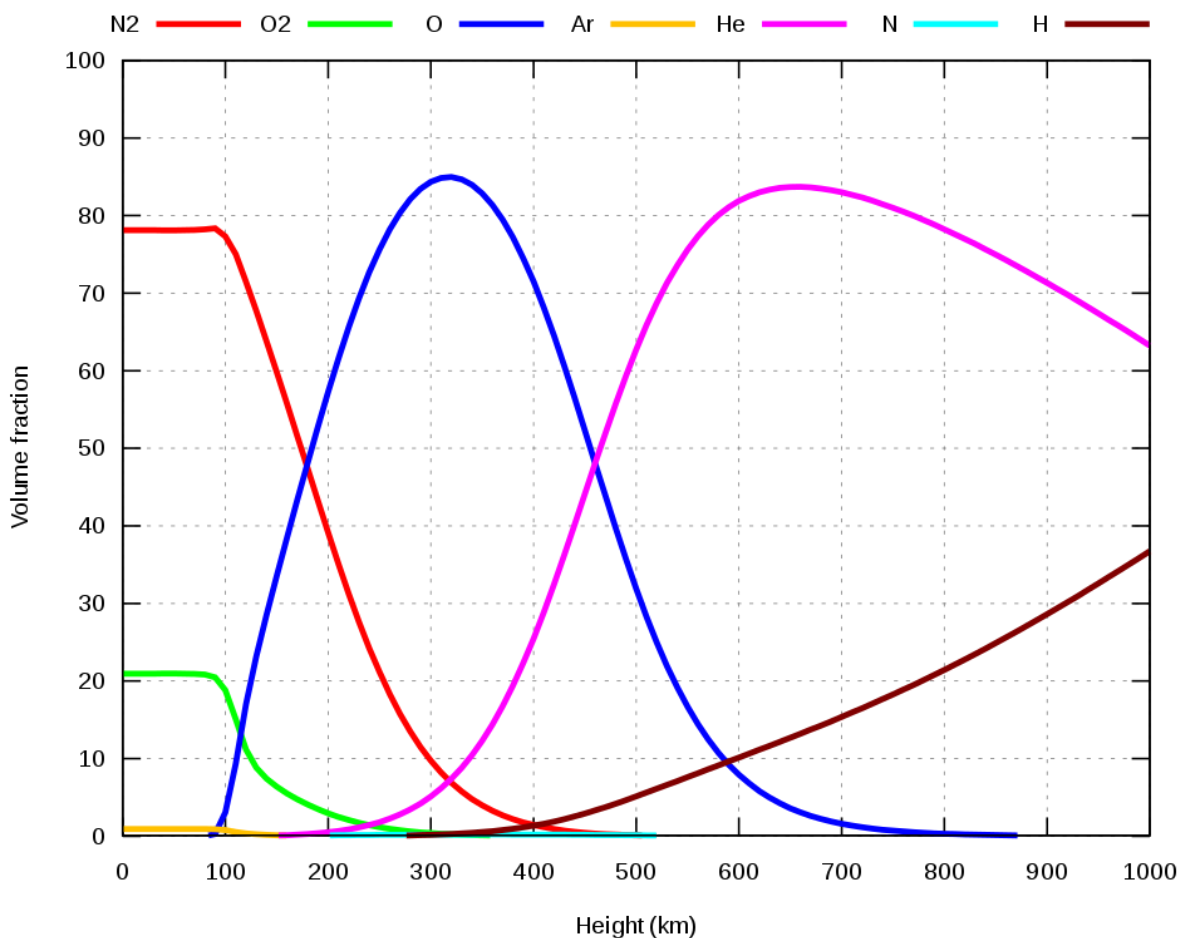




Atmosfärens sammansättning


Atmosfären vid jordytan består till största del av tvåatomigt kväve (N_2) och syre (O_2). Detta stämmer upp till ca 100 km där enkeltatomigt syre börjar ta över. Ovanför 300 km börjar helium bli en vanlig beståndsdel och syre blir ovanligare igen.

Väte börjar också bli vanligare och över 500 km är atmosfären mest väte och helium.

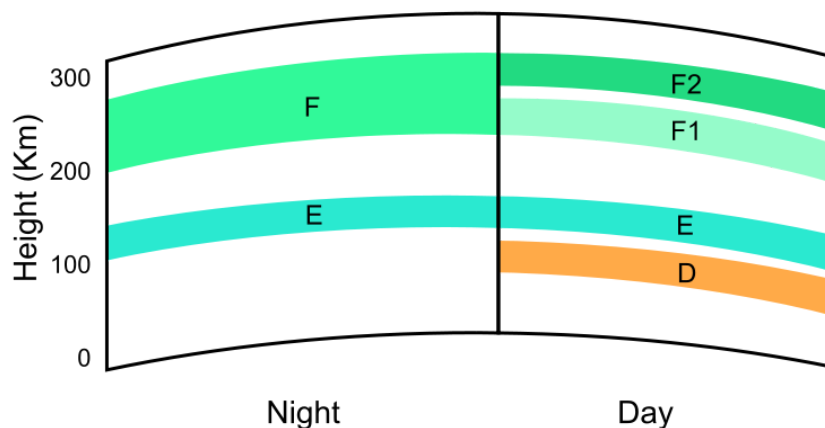


Jonosfären

Det kan också vara användbart att klassificera atmosfärens lager utifrån dess elektriska egenskaper. **Jonosfären** är en del av atmosfären och består av ett antal lager av elektroner, joner och laddade molekyler. Jonosfären sträcker sig från ungefär 60 km till mer än 1000 km. Det är solens joniserande strålning (ljus med kortare våglängd än synligt ljus) som joniserar atomer vilket skapar jonosfären. Jonerna är inte stabila utan vill rekombinera med fria elektroner för att bli



neutrala igen. Detta gör att mängden joner i jonosfären beror mycket på tiden på dygnet, på natten skapas inga nya joner så mängden minskar. Rekombinationen sker snabbare ju högre trycket är i gasen vilket avgör jonosfärens undre gräns.



Jonosfären har själv olika lager. Dessa lager kallas D, E och F av historiska skäl. Lagren särskiljs på deras höjd, sammansättning och hur de skapas.

D-lagret består mest av joniserad kväveoxid (NO) och skapas av ultraviolett strålning (121,6 nm). Eftersom detta lager är längst ner, 60 - 90 km, förekommer det finnas många fler neutrala partiklar än joner på denna höjd. D-lagret kan dämpa radiovågor eftersom dessa sätter de fria elektronerna i rörelse vilket gör att de kommer i kontakt med joner och rekombinerar, vilket tar energi från radiovågen. D-lagret försvinner i princip helt på natten.

E-lagret består mest av joniserade syremolekyler (O₂) och befinner sig på 90 - 150 km höjd. Lagret skapas av mjuka röntgenstrålar och UV ljus (1-10 nm). Även E-lagret blir mycket tunnare på natten.

F-lagret finns på mellan 150 och 500 km höjd. Jonerna här är mest atomärt syre (O) och blir joniserade av extrem UV-strålning (10-100 nm). Delar av F-lagret består genom både natt och dag. F-lagret står för den största delen av jonosfärens mest kända egenskap, att den reflekterar radiovågor. Mekanismen är liknande den som får ljus att reflekteras på ytan av vatten. Detta gör att man kan sända radiomeddelanden över horisonten vilket var extremt användbart inom telekommunikation förr och fortfarande används inom vissa områden idag.



Undersökningar av jonosfären sker främst med radio och till viss del med satelliter. Vetenskapliga radioanläggningar kan antingen lyssna på jonosfärens naturliga signaler eller använda kraftiga radiosändare för att undersöka eller ändra jonosfären. Ett exempel på ett markbundet initiativ är EISCAT som driver radioanläggningar i Kiruna, Tromsø, Sodankylä och på Svalbard. Dessa anläggningar studerar förändringar i magnetosfären och jonosfären för att förstå interaktionen mellan solen och jorden. Ett exempel på rymdsonder som undersöker jonosfären är NASAs ICON som sköts upp 2019. ICON undersöker jonosfärens densitet, sammansättning och struktur med instrument som mäter hastigheten på joner i närheten och speciella kameror som ska kunna se det svaga ljuset som avges när joner rekombinerar och från kemiska reaktioner.

Experiment

För att undersöka atmosfären används **ballonger** eller **sonderingsraketer**. En CanSat fungerar på ett liknande sätt. Här är en kort lista på förslag på egenskaper som kan undersökas med en egenbyggd satellit (exempelvis en CanSat).

- Man kan undersöka hur UV ändras med höjd, men troligen kommer det inte vara någon stor skillnad de första 15 km.
- Man kan undersöka hur sammansättningen av luft ändras (i alla fall CO₂-halten) med en luftkvalitetssensor.
- Om man är väldigt kreativ och händig borde det vara möjligt att bygga en sensor som mäter ljudhastigheten i luft.