

Uppgifter till Väder och klimat-delen i Fysik 1

De här uppgifterna använde jag våren 2014 när vi avsatte lite mer tid än vanligt (ca tre veckor och 6 lektionspass) till väder och klimat-delen.

Dag	Arbeta med		
Mån	Introduktion + film (del 1 av BBC-serien <i>Orbit</i>)		
Fre	Atmosfären, Energi i atmosfären		
Mån	Energi i atmosfären (forts.), Moln & och nederbörd		
Fre	Vindar, Atmosfärens cirkulation		
Mån	Fronter, låg- och högtryck, Väderprognoser		
Fre	Klimat förr, nu och i framtiden (klimatmodeller)		

Uppgifterna är indelade i baskurs [B] och överkurs [Ö].

Litteratur:

LB J. Pålsgård, G. Kvist och K. Nilsson, *Ergo Fysik 1* (Liber, 2011), kap. 8.

MVB C. Bernes och P. Holmgren, *Meteorologernas nya väderbok* (Medströms bokförlag, 2009).

Följande stenciler delades ut:

1. Temperatur, tryck och densitet i standardatmosfären
R. B. Snells, *Meteorology for Scientists and Engineers* (Brooks/Cole, 2000), s. 12.
2. Växthuseffekten
C. Bernes, *En ännu varmare värld* (Naturvårdsverket, 2007), s. 22–25.
3. Världens energiförbrukning
Key World Energy Statistics 2013 (från www.iea.org/publications/), s. 28 och s. 58.
4. Luftfuktighet
www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910
5. Luftströmning
C. D. Ahrens, *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment*, 10:e uppl. (Brooks/Cole, 2012), s. 215–220.
6. Varm- och kallfronter
J. Bogren, T. Gustavsson och G. Loman, *Klimatologi och meteorologi* (Studentlitteratur, 2009), s. 123–127.

7. Lågtryck och högtryck

J. Bogren, T. Gustavsson och G. Loman, *Klimatologi och meteorologi* (Studentlitteratur, 2009), s. 127–129.

Atmosfären

Atmosfären är spelplatsen för alla väderfenomen, så första steget är att stifta bekantskap med denna tunna hinna som omger jordklotet, och utan vilken allt liv på jorden vore en omöjlighet.

1. (B) Luften i atmosfären är blandning av olika gaser. Vilka är dessa och hur stor (volym-)andel utgör respektive gas? [LB 8.1, MVB s. 18]
2. (B) Bokens figur 8.3 visar de olika lagren i atmosfären, men är lite lurig eftersom höjdskalet är logaritmisk. Gör en egen figur i A4-format med linjär höjdskala (låt 1 cm $\leftrightarrow$ 10 km).

Markera

- De olika lagren (troposfär, stratosfär, ...) och gränserna mellan dem (tropopaus, stratopaus, ...).
 - Typiska flyghöjder för flygplan, ballongen i *Orbit*-avsnittet.
 - Mt Everest, Mont Blanc, Kebnekaise [nätet].
 - Typiska molnhöjder [LB s. 233].
 - Historiens två högsta fallskärmshopp: Kittinger 1960 och Baumgartner 2012 [nätet].
 - Rymdstationen ISS [nätet] (hamnar en bit utanför pappret, beskriv var).
 - ...
3. (B) Jämför ditt diagram med bokens. Vad är viktigt att tänka på när man ska tolka diagram med logaritmiska skalor (sådana diagram förekommer då och då)?
 4. (B) För att få känsla för hur tunn atmosfären är så jämför med en jordglob. Någonstans på jordgloben står skalan angiven. Hur högt ovanför jordglobens yta befinner sig tropopausen? Stratopausen? Rymdstationen ISS?
 5. (B) Tryck, temperatur och densitet varierar med höjden beroende på lokalt väder. Man har tagit fram en "standardatmosfär" (*1976 U.S. Standard Atmosphere*) som är en slags genomsnittsatmosfär [stencil 1]. Lägg till en horisontell tryckaxel (låt 5 cm $\leftrightarrow$ 100 kPa) till din figur och markera hur trycket i standardatmosfären varierar med höjden.

Lägg också till en horisontell densitetsaxel (låt 5 cm $\leftrightarrow$ 1 kg/m³) och markera hur densiteten i standardatmosfären varierar med höjden.

Följ kurvorna åt?

6. (Ö) Ytterligare en övning för att få känsla för hur tunn atmosfären är: Gör en beräkning för att ta reda på hur mycket hela atmosfären väger. Antag att atmosfärens komprimerades så att all luft fick samma densitet som luften vid havsnivå. Hur långt upp skulle då atmosfären sträcka sig? Hur stor skulle dess volym vara?

Vi tänker oss nu att denna komprimerade atmosfär lyftes bort från jorden och formades till en stor boll. Hur stor skulle bollens radie bli? Jämför med jordens radie.

7. (Ö) Om man antar att temperaturen T är densamma i en atmosfär med molekyler med massan m kan man visa att trycket avtar exponentiellt med höjden h enligt

$$p(h) = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

där g är tyngdfaktorn, k Boltzmanns konstant och p_0 trycket vid ytan (se till exempel [The Feynman Lectures on Physics, vol. 1, avsnitt 40-1](#)). I verkligheten är dock inte temperaturen konstant. Undersök om det ändå kan vara så att trycket avtar exponentiellt med höjden (använd Excel eller annat kalkyl- eller beräkningsprogram och standardatmosfärdata från stencil 1).

8. (Ö) Bestäm hur mycket av luften som finns under 20 km, 15 km, 10 km och 5 km genom att göra ett stort densitet-höjd-diagram och sedan bestämma lämpliga areor genom vägning. (När du lärt dig mer om integraler i Ma-kurserna kan du lösa en sådan här uppgift på andra sätt.)



Bild tagen från http://sv.wikipedia.org/wiki/Jordens_atmosfär

Energi i atmosfären

Drivkraften bakom alla väderfenomen på jorden är faktiskt solen, som hela tiden levererar energi på ett sådant sätt att atmosfären kan leva det rika liv som den gör, med vindar, regn, snö, hagel, dimma och mycket annat. Utan solen skulle inte mycket hända i atmosfären.

Fysikverktyg: Atmosfären som en fluid

Man kan se på en gas, eller en gasblandning som atmosfären, på två sätt, antingen mikroskopiskt som en samling molekyler eller makroskopiskt som en kontinuerlig fluid, som karakteriseras av storheter som tryck, volym, densitet, temperatur. Det senare betraktelsesättet är i allmänhet mest lämpligt när vi ska förstå väderfenomen. Vi betraktar alltså atmosfären som ett slags "lufthav".

Fysikverktyg: Värmeledningsmekanismer

Man brukar prata om tre olika mekanismer varmed värme kan överföras från ett ställe till ett annat, strålning, ledning och strömning (konvektion).

9. (B) Förklara översiktligt de tre olika värmeledningsmekanismerna. [LB s. 196]

Fysikverktyg: Ljus

Vi ska arbeta mer med ljus i Fysik 2-kursen, men följande behöver man känna till redan nu:

1) Ljus bär med sig energi (strålningsenergi). 2) Ljus kan beskrivas som en elektromagnetisk vågrörelse, det vill säga en vågrörelse i elektriska och magnetiska fält (vi kommer tillbaka till detta i Fy 2). 3) Elektromagnetiska vågor har en egenskap som vi kallar våglängd. Det mänskliga ögat kan uppfatta elektromagnetiska vågor med våglängder i intervaller 400–700 nm.

10. (B) Det finns elektromagnetisk strålning av flera olika slag. Vilka? Typiska våglängder? [Wikipedia "[Electromagnetic spectrum](#)", MVB s. 14]

Fysikverktyg: Värmestrålning

Alla föremål med temperatur större än 0 K strålar elektromagnetisk strålning, så kallad värmestrålning. Detta beror på att laddningar i atomer rör sig, och när laddningar ändrar hastighet sänds elektromagnetisk strålning ut. Värmestrålning består av alla möjliga våglängder, men den vanligast förekommande våglängden i värmestrålning från ett föremål med temperaturen T ges av sambandet

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

11. (B) Bestäm $\lambda_{\max}$ för värmestrålning från (a) solen ($T = 5800 \text{ K}$ på ytan) (b) en varm markyta ($T = 320 \text{ K}$).

Fysikverktyg: Värmestrålning (forts.)

Ju högre temperatur en värmestrålande yta har, desto mer värmestrålning sänds ut. Den utstrålade effekten P från en yta med arean A och temperaturen T kan beräknas med

$$P = \sigma AT^4,$$

där $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ (denna formel gäller egentligen bara för så kallade svartkroppar, men mer om detta i Fy 2-kursen).

12. (Ö) Med hur många procent ökar den utstrålade effekten från en yta om ytans temperatur stiger från 0° till 10° ?

13. (B) Vad händer med energin i strålningen från solen som träffar jordatmosfären? Beskriv översiktligt, gärna med en figur. [stencil 2]
14. (B) Använd figurerna på s. 16 i MVB för att förklara varför temperaturen avtar från markytan och uppåt i troposfären. [MVB s. 16–19]
15. (B) Vilken region på jorden tar emot mest strålningsenergi från solen? [MVB s. 28–29, LB s. 228]
16. (B) Utanför atmosfären mottar en yta med arean 1 m^2 strålningseffekten 1360 W (man säger att solarkonstanten är 1360 W/m^2). Hur mycket solenergi träffar jorden under ett år? Använd figurerna i stencil 2 för att uppskatta hur mycket av denna energimängd som når jordytan. Jämför med årliga energiförbrukningen på jorden. [stencil 3]
17. (Ö) Det är variationen av solinstrålning under året som ger upphov till våra årstider. Variationen beror på att jordaxeln lutar.
- Uppskatta hur mycket strålningsenergi som träffar 1 m^2 av marken under en minut i Göteborg när solen står som högst mitt i vintern respektive mitt i sommaren. Jordaxeln lutar 23° , Göteborg har latituden 58° . Utanför atmosfären mottar en yta med arean 1 m^2 strålningseffekten 1360 W (man säger att solarkonstanten är 1360 W/m^2). En del av detta reflekteras och absorberas av atmosfären. Enligt M. Areskoug i *Miljöfysik* (Studentlitteratur, 2009) kan man räkna med totalinstrålningen 1000 W/m^2 vinkelrätt mot solriktningen en dag med klar sol om solen står någorlunda högt på himlen.
18. (B) Utgå från figurerna på s. 16–17 i MVB och förklara översiktligt fenomenet växthuseffekt. Skulle temperaturen på jordytan vara annorlunda utan växthuseffekt? [LB s. 240–241, MVB s. 16–17, stencil 2]
- (I Fy 2-kursen kommer du att lära dig mer om värmestrålning, och efter det är du bättre rustad att förstå växthuseffekten i detalj.)
19. (Ö) I inledningen skrev vi att liv på jorden vore omöjligt om inte atmosfären fanns där. Kan du nu komma på några anledningar varför det är så?

Moln och nederbörd

Nu ska vi se vad moln är och hur de uppkommer. Det finns en rad olika molntyper, men vi koncentrerar oss på vanliga vanliga stackmoln (vackervädersmoln) och bymoln.

20. (B) Hur stor (volym-)andel av atmosfären som helhet utgörs av vattenånga? [MVB s. 18]
21. (B) Förklara begreppen *absolut luftfuktighet*, *relativ luftfuktighet* [stencil 4] och *daggpunkt* [MVB s. 60].
22. (Ö) Se diagrammet på stencil 4. Antag att en luftmassa med temperaturen 20 °C innehåller 12 g/m³ vattenånga.
- (a) Bestäm daggpunkten.
- (b) Temperaturen sänks till 5 °C. Vad händer?

Fysikverktyg: Arkimedes princip och ideala gaslagen

Arkimedes princip säger att något som är nedsänkt i en fluid (vätska eller gas) påverkas av en lyftkraft som är lika stor som den undanträngda fluidens tyngd. Ideala gaslagen (som kan skrivas $\frac{pV}{T} = \text{konstant}$) gäller med god approximation också för en gasblandning som luft.

23. Förklara med hjälp av Arkimedes princip och ideala gaslagen hur det kommer sig att varma luftmassor stiger.

24. (B) Förklara hur stackmoln och bymoln uppkommer. [MVB s. 64–67]
25. (B) Moln består inte av vattenånga utan av vattendroppar eller iskristaller. Hur kommer det sig att moln kan hålla sig svävande? [MVB s. 67]
26. (B) Hur blir det regn? [MVB s. 67–68]

Vindar

Vindar uppstår när det finns områden med olika lufttryck.

Fysikverktyg: Tryck och tryckkrafter

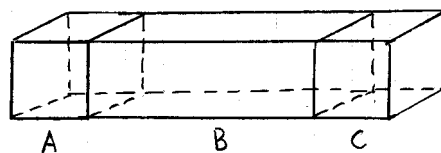
Om man känner trycket p i någon punkt i en fluid kan tryckkraften F som verkar vinkelrätt mot en yta med arean A i punkten beräknas enligt

$$F = pA.$$

Detta följer av definitionen av tryck.

Observera att tryck är en skalär storhet (har enbart storlek) men att kraft är en vektorstorhet (har storlek och riktning).

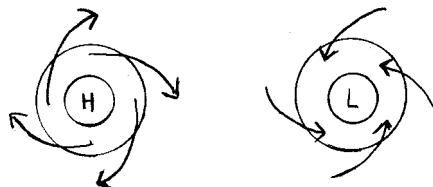
27. (B) För att förstå varför det blåser från ett område med högt tryck till ett område med lågt tryck kan vi göra en förenklad modell enligt nedan.



Luftmassa A har volymen $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ och trycket är där $100,5 \text{ kPa}$. Luftmassa C har volymen $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ och trycket är där $102,5 \text{ kPa}$. Mellan luftmassa A och C finns en 300 m lång luftmassa B.

Hur stor är tryckkraften på luftmassa B från luftmassa A? Hur stor är tryckkraften på luftmassa B från luftmassa C? Hur stor är resultanten till de två tryckkrafterna på luftmassa B, och åt vilket håll är den riktad? Åt vilket håll kommer luftmassa B att accelerera?

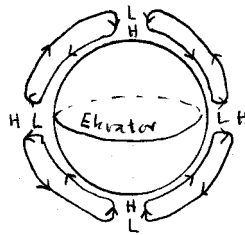
Här har vi bortsett från jordens rotation. I själva verket kommer luft att strömma runt högtryck och lågtryck på norra halvklotet enligt figuren nedan (på grund av Corioliseffekten, mer om denna senare) (varför det blir som det blir är överöverkurs, du kan läsa mer i stencil 5 om du vill).



28. (B) Förklara fenomenet sjöbris. Rita figur! [MVB s. 31–36]
 29. (Ö) Vad är monsuner och hur uppstår de? [MVB s. 36–37]

Atmosfärens cirkulation

Eftersom solen värmer upp jorden mer vid ekvatorn än vid polerna kommer en gigantisk sjöbriseffekt att uppstå då varm luft stiger vid ekvatorn och förs mot polerna, på liknande sätt som varm luft stiger över land och förs ut över havet vid sjöbris. Om jorden inte roterade kring sin egen axel hade atmosfären cirkulerat som i figuren nedan.



Men jorden roterar, så luftmassorna från ekvatorn kommer att dras åt höger på norra halvklotet och åt vänster på södra halvklotet, på grund av den så kallade Corioliseffekten.

Fysikverktyg: Corioliseffekt

Corioliseffekten är en effekt som uppstår när man befinner sig på något som roterar, till exempel en karusell eller på jorden. Effekten innebär att en observatör som åker med det som roterar kommer att se att föremål som rör sig (egentligen har en hastighetskomponent riktad) mot eller från rotationscentrum kommer att dras åt sidan.

30. (B) Försök att förstå Corioliseffekten och förklara den med egna ord.

Kanske kan du vara hjälpt av bildsekvens 4 och 5 i en ppt som ligger på www.ckfysik.se/fy2/ppt_coriolis.pdf

Där finns också länkar till två sevärd youtube-klipp.

Man kan räkna på Corioliseffekten, men det är ganska krångligt. Ett exempel från MVB (s. 43): Låt oss anta att en hockeypuck kan glida friktionsfritt på isen på Siljan en vinterdag. Om pucken skjuts iväg med farten 1 m/s från Mora skulle den ta ett varv (medurs) runt Siljan och komma tillbaka efter 14 timmar. Om utgångshastigheten var större skulle cirkeln bli för stor för sjön.

[En sak till: Ibland kan man höra saker som corioliskraft (och centrifugalkraft). Observera att det inte är fråga om några verkliga, fysikaliska krafter, utan skenbara krafter. En analog skenbar kraft kan upplevas av någon som sitter i en accelererande bil. Man upplever då att man trycks bakåt. Den enda verkliga horisontella kraft som verkar på en är dock en kraft från sätet, som är riktad framåt.]

31. (B) Skriv en förklarande text till figuren nedan. Texten ska innehålla orden ekvator, Corioliseffekt, polarfront, ... [MVB s. 37–46]

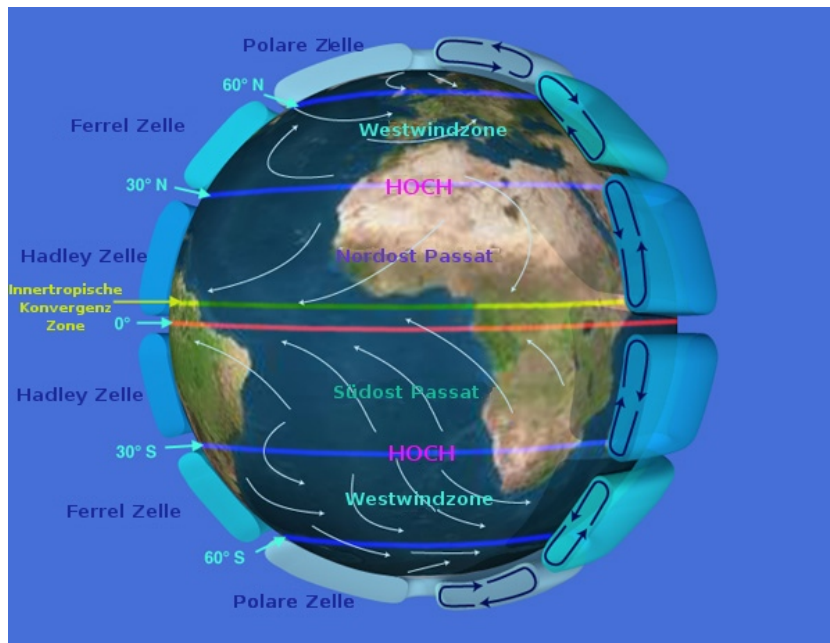
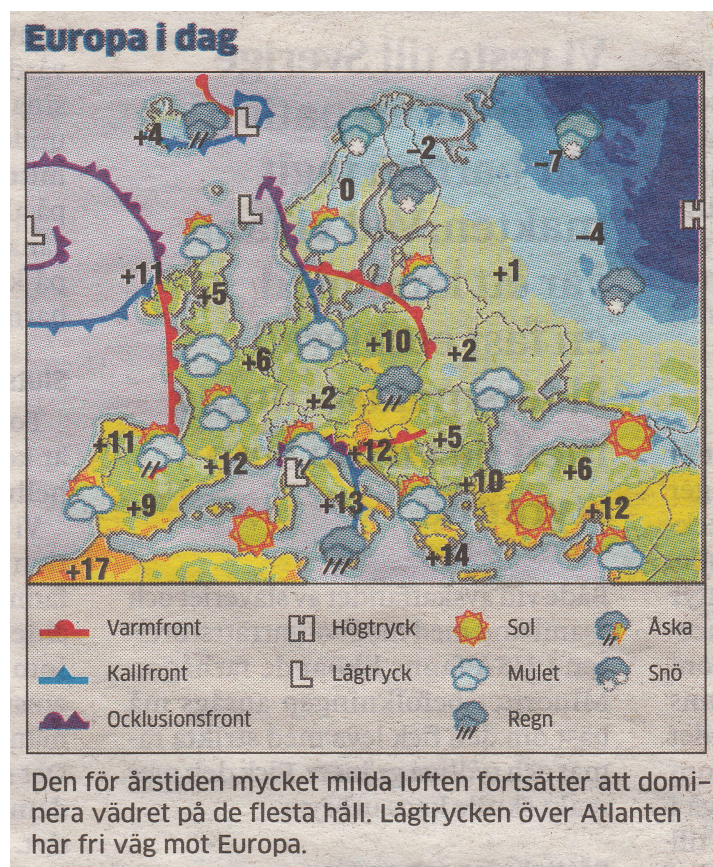


Bild tagen från http://de.wikipedia.org/wiki/Planetarische_Zirkulation

Fronter, låg- och högtryck

Längs med polarfronten där varma och kalla luftmassor möts uppstår varm- och kallfronter och tillhörande lågtryck. Mycket av vårt svenska väder styrs av dessa fronter och lågtryck.

32. (B) Förklara begreppen varmfront och kallfront. Rita figurer. [LB s. 236, MVB s. 50–51, stencil 6]
33. (B) Förklara översiktligt hur det går till är ett lågtryck uppstår längs polarfronten. [MVB s. 49, 52–53, stencil 7]
34. (Ö) Vad är en ocklusionsfront? [stencil 7]
35. (B) Varför är figurer som lärobokens 8.13 luriga? [MVB s. 49–51]
36. (B) MVB tar upp tre typer av högtryck på sidorna 55–56. Vilka två är de viktigaste för vädret i Sverige? Beskriv dem kortfattat.



GP-vädret den 5 januari 2014

Väderprognoser

37. (B) Förklara översiktligt hur det går till att göra väderprognoser. [LB s. 237–240, MVB s. 132-143]
- (Ö) Vill du veta mer finns det flera relevanta artiklar på SMHI:s hemsida. Gå till www.smhi.se/kunskapsbanken, sök på “väderprognoser” och välj sökresultatet “Väderprognoser” så kommer du till en introduktionssida med en rad relaterade artiklar.
38. (B) Varför är det så svårt att göra väderprognoser?