

Meteorologian ja säähavainnointeiden perusteet 2017:

Mallivastaukset, harjoitus 4

Otso Peräkylä

27 helmikuuta 2017

1. Tehtävä

a-kohta

Kahden painepinnan (p_1 ja p_2 , tässä esimerkiksi 1000 hPa ja 925 hPa) välinen etäisyys saadaan integroimalla seuraavasti (luentokalvot):

$$z_{p_1-p_2} = z_{p_2} - z_{p_1} = -\frac{R}{g} \int_{p_1}^{p_2} T d(\ln p) = -\frac{R}{g} \bar{T} \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \quad (1)$$

Tässä \bar{T} on painepintojen välillä vallitsevan keskimääräinen lämpötila. Nyt kun meille on annettu erikseen neljän kerroksen tiedot, niin voimme laskea jokaisen kerroksen korkeuden erikseen, ja summata ne yhteen. Kun vielä tiedämme, että maanpintapaine on 1000 hPa (eli 1000 hPa painepinnan korkeus on 0 m), tulee 1000 hPa ja 500 hPa:n kerrosten välisestä etäisyydestä suoraan 500 hPa:n kerroksen korkeus. Esimerkiksi 1000 hPa ja 925 hPa painepinnan väliseksi etäisyydeksi saadaan:

$$\begin{aligned} z_{925 \text{ hPa}} - z_{1000 \text{ hPa}} &= -\frac{R}{g} \bar{T} \ln\left(\frac{925 \text{ hPa}}{1000 \text{ hPa}}\right) = -\frac{287.058 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}}{9.81 \text{ m s}^{-2}} 286 \text{ K} \ln\left(\frac{925 \text{ hPa}}{1000 \text{ hPa}}\right) \\ &= 652.450 \dots \text{ m} \approx 652 \text{ m} \end{aligned} \quad (2)$$

Summaamalla loputkin vastaavasti lasketut etäisyydet saadaan 500 hPa painepinnan korkeudeksi

$$\begin{aligned} z_{500 \text{ hPa}} &= 652.450 \dots \text{ m} + 682.907 \dots \text{ m} + 1528.283 \dots \text{ m} + 2510.672 \dots \text{ m} \\ &= 5374.312 \dots \text{ m} \approx 5374 \text{ m} \end{aligned} \quad (3)$$

500 hPa:n painepinta on siitä kätevä, että sen korkeus on helppo muistaa: noin 5 km.

b-kohta

Lämmin advektio kasvattaa kerroksen keskilämpötilaa 0.1 K tunnissa, eli 2.4 K vuorokaudessa (olettaen että advektio on saman suuruinen vuorokauden ajan). Muutos lämpötilassa saadaan lopullisen (z_1) ja alkuperäisen korkeuden (z_0) erotuksena:

$$\begin{aligned} \Delta z = z_1 - z_0 &= -\frac{R}{g} \bar{T}_1 \ln\left(\frac{850 \text{ hPa}}{925 \text{ hPa}}\right) - \left(-\frac{R}{g} \bar{T}_0 \ln\left(\frac{850 \text{ hPa}}{925 \text{ hPa}}\right)\right) = \frac{R}{g} \ln\left(\frac{850 \text{ hPa}}{925 \text{ hPa}}\right) (\bar{T}_0 - \bar{T}_1) \\ &= 5.938 \dots \text{ m} \approx 6 \text{ m} \end{aligned} \quad (4)$$

This is an R Markdown document. Markdown is a simple formatting syntax for authoring HTML, PDF, and MS Word documents. For more details on using R Markdown see <http://rmarkdown.rstudio.com>.

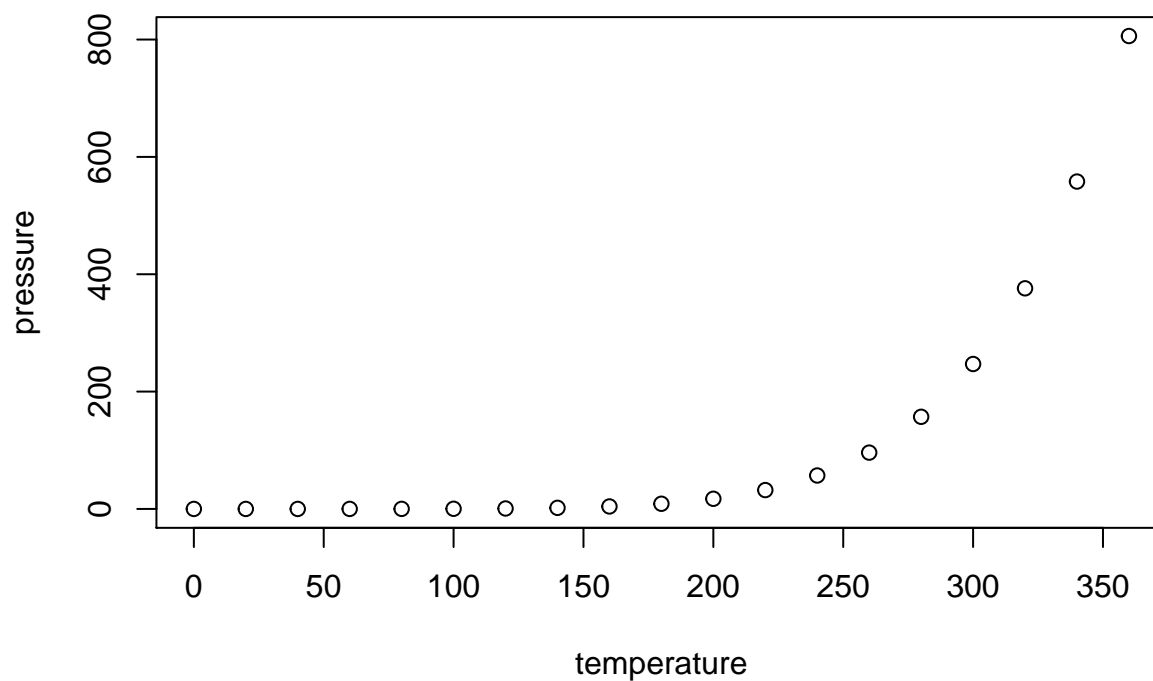
When you click the **Knit** button a document will be generated that includes both content as well as the output of any embedded R code chunks within the document. You can embed an R code chunk like this:

```
summary(cars)
```

```
##      speed      dist
##  Min.   : 4.0    Min.   :  2.00
## 1st Qu.:12.0    1st Qu.: 26.00
##  Median:15.0    Median : 36.00
##   Mean  :15.4    Mean   : 42.98
## 3rd Qu.:19.0    3rd Qu.: 56.00
##   Max.  :25.0    Max.    :120.00
```

Including Plots

You can also embed plots, for example:



Note that the `echo = FALSE` parameter was added to the code chunk to prevent printing of the R code that generated the plot.