

# Fatamorgana



Illustration 1: Fatamorgana. Bemærk, at himmelen og klipperne er spejlede, så det ser ud som, der ligger vand foran en. Kilde: <https://hanifroad.wordpress.com/author/hanifroad/>.

Her skal du arbejde med en model af atmosfæren, så fatamorganafænomenet bliver anskueliggjort.

Nedenfor er tegnet en vandret model af atmosfæren. Der er antaget 4 lag. Ved betingelserne for fatamorgana er brydningsindekserne for de 4 lag faldende, des tættere man kommer på jordoverfladen. Lysets hastighed i vakuum er

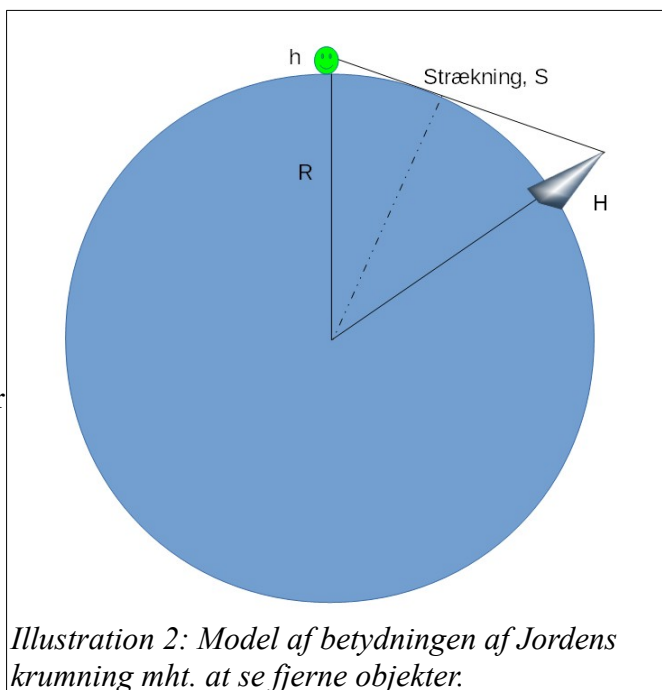
$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$



- Hvis brydningsindekset i et lag er  $n = 1,000292$ , hvad er lysets hastighed så?
- Hvis brydningsindekset falder, des tættere man kommer på jordoverfladen, hvad betyder det så for lysets hastighed i luftlaget?
- Skitser strålegangen når der sker brydning i bunden af lag 1, 2, 3, 4. (Hint: Vælg en indfaldsvinkel og benyt brydningsloven.)

En klippeblok står 15 km væk, og den er 7 m høj. I den afstand kan man normalt ikke se blokken, da jordoverfladen har dækket for den.

- d) Vurder hvor langt væk en person med øjenhøjde  $h$  kan se et objekt med højden  $H$ . Du kan antage at Jorden er kuglerund, og at Jordens radius er 6371 km. Se illustration 2.
- e) En person har en øjenhøjde på 1,5 m, og personen betragter en klippeblok, som er 7,0 m høj. Hvor langt væk kan personen se klippeblokken, hvis det er helt klart vejr?
- f) Kan du se længere eller kortere, når du tager højde for lysstrålens form ved et fatamorgana?



En model for brydningsindeksets temperaturafhængighed ser ud som følger<sup>1</sup>

$$n(T) = 1,0002916 - 9,74 \cdot 10^{-7} \cdot T(^{\circ}\text{C})$$

En dag falder temperaturen drastisk med højden, og man har målt at faldet i temperaturen følger følgende formel

$$T(h) = 60^{\circ}\text{C} - 0,5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}} \cdot h.$$

- g) **Meget svært spørgsmål.** I spørgsmål c har du kvalitativt undersøgt en 4-lags model af atmosfæren. Du skal nu lave en atmosfæremodel hvor hvert lag har en tykkelse  $\Delta y$ , som du selv definerer, og tegne en graf over strålegangen fra toppen af klippeblokken ( $h = 7,0$  m).

### Hjælp til spørgsmål g

Lav f.eks. et regneark efter følgende skabelon

$T(y)$	$n(T)$	$x$ (m)	$y$ (m)	$b$ ( $^{\circ}$ )	$i$ ( $^{\circ}$ )
--------	--------	---------	---------	--------------------	--------------------

Vælg en indfaldsvinkel på over  $89^{\circ}$ . Lad atmosfærelaget cirka have tykkelsen  $\Delta y = 0,03$  m. Benyt brydningsloven til at beregne  $b$ . Overvej hvordan  $x$ - og  $y$  ændres, som funktion af vinklerne og  $\Delta y$ . (Kig på din skitse fra spørgsmål c.)

På et tidspunkt rammer du den kritiske vinkel – lige der sker der spejling! Det skal du tage højde for i beregningerne.

Hvis bare en af jer kan løse spørgsmål g, så giver jeg kage til hele holdet.

1 <http://www-mipp.fnal.gov/RICH/refractivityOfAir.pdf> ( $p = 1000$  mbar og  $\lambda = 632,8$  nm. I vores model ser vi bort fra afhængigheden af luftfugtighed og tryk.)