

Kookpunthoogtemeter

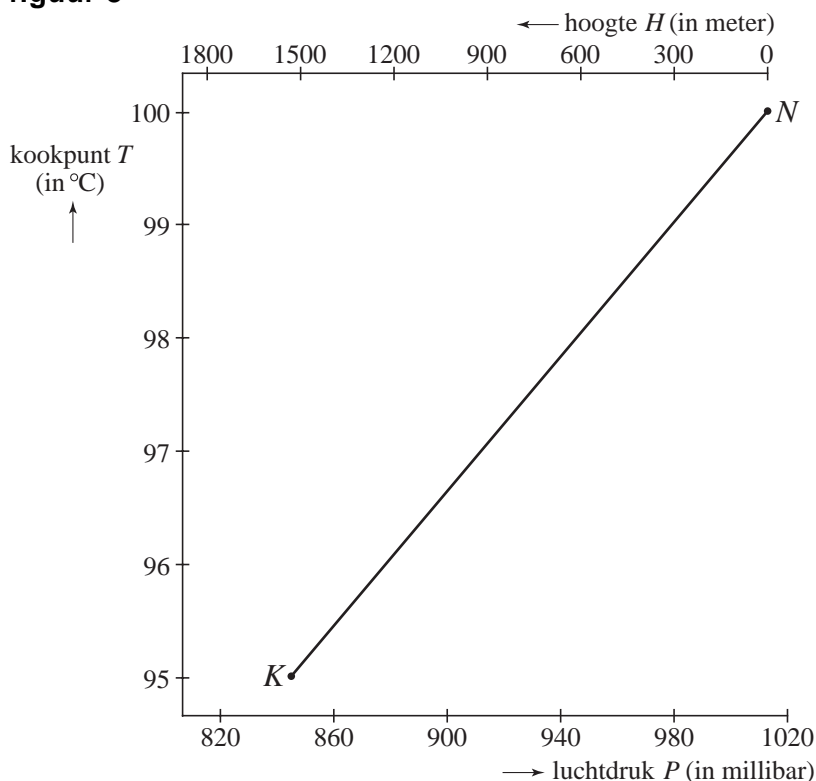
Voor bergbeklimmers is het belangrijk te weten op welke hoogte ze zich bevinden. Daarvoor gebruiken ze tegenwoordig hoogtemeters die de hoogte met behulp van de luchtdruk meten. Immers, hoe hoger je komt, hoe lager de luchtdruk.

Toen Francisco José de Caldas in 1791 het Andesgebergte overstak, was er geen hoogtemeter. Hij bedacht er zelf een: hij kookte water in een pannetje en mat de temperatuur op het moment dat het water begon te borrelen en kwam op die manier de hoogte te weten.

Op zeeniveau (op 0 meter hoogte) is de luchtdruk 1013 millibar en kookt water bij 100 °C. Kom je hoger, dan daalt de luchtdruk, maar gaat ook het kookpunt (de temperatuur waarbij water begint te borrelen) van water omlaag. Zo kookt water op de top van de Mount Everest (8850 meter) al rond de 70 °C. Het kookpunt van water is dus een maat voor de hoogte.

In figuur 8 zie je hoe de hoogte H , de luchtdruk P en het kookpunt T met elkaar samenhangen. De drie schaalverdelingen zijn lineair. Figuur 8 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 8



In figuur 8 is punt K getekend: bij een hoogte van 1530 meter is de luchtdruk 845 millibar en het kookpunt 95 °C. Ook punt N is getekend ($H = 0$ meter, $P = 1013$ millibar en $T = 100$ °C).

Thijs is op vakantie in de Duitse Eifel. Hij wil met de methode van De Caldas weten op welke hoogte hij zit. Hij kookt water en meet de temperatuur. Het water kookt bij 98,1 °C.

- 3p **18** Op welke hoogte zit Thijs? Geef in de figuur op de uitwerkbijlage aan hoe je aan je antwoord bent gekomen.

Tot 2 km hoogte gebruiken bergbeklimmers verschillende vuistregels. Een vuistregel voor het verband tussen hoogte en luchtdruk is:

bij elke stijging van 100 meter neemt de luchtdruk met 11 millibar af

- 3p **19** Onderzoek of deze vuistregel in overeenstemming is met figuur 8.

Met behulp van figuur 8 kun je ook een vuistregel maken voor het verband tussen de hoogte en het kookpunt. Ook deze begint met: **bij elke stijging van 100 meter ...**

- 3p **20** Geef deze vuistregel. Licht je werkwijze toe.

In figuur 8 is duidelijk te zien dat er (tot een hoogte van 2 km) sprake is van een lineair verband tussen het kookpunt T en de luchtdruk P .

- 5p **21** Stel een formule op voor dit verband. Gebruik daarbij de punten K en N .

Het lineaire model dat hierboven gebruikt werd, is maar een benadering. In werkelijkheid is het verband tussen de luchtdruk en de hoogte exponentieel. Het is bekend dat boven op de Mount Everest (8850 meter) de luchtdruk nog maar een derde is van de luchtdruk op zeeniveau, dus zo'n 340 millibar. De eerder genoemde vuistregel geldt niet voor zulke grote hoogtes.

De exponentiële afname van de luchtdruk kunnen we beschrijven met de formule:

$$P = 1013 \cdot 0,988^h$$

Hierin is P de luchtdruk in millibar en h de hoogte in **honderden** meters.

Tot een hoogte van 2 km gebruikt men vaak voor het gemak, zoals ook uit de vuistregel bij vraag 19 blijkt, een lineair verband tussen de luchtdruk en de hoogte. Dit lineaire model wijkt dan niet veel af van het werkelijke exponentiële model. In punt K is volgens het lineaire model de luchtdruk 845 millibar.

- 3p **22** Bereken hoeveel procent die 845 afwijkt van de waarde in het punt K volgens de exponentiële formule.

uitwerkbijlage

18

