

21. ročník, úloha VI. 2 ... vaření hada (4 body; průměr 2,11; řešilo 27 studentů)

Ubohý pterodaktyl ze své klece s obavami pozoruje divokou zvěř v okolní džungli. Zejména ho zaujal párek bezstarostných hadů, kteří se chystali vlézt do jeho klece. Věznitelé je však neúprosně sevřeli klacky tvaru písmene Y. Z hadů bude výborná večeře, malou radost z toho má i pták FYKOSák, ačkoliv dává přednost jinému než hadímu masu.

Tuhé maso jedovatých hadů se musí vařit při vyšší teplotě, k tomu se používá papiňák. Nádoba se naplní z poloviny vodou, v druhé polovině zůstane vzduch, potom se uzavře a pomalu zahřívá. Při jaké teplotě se začne voda v hrnci vařit? V jakých fázích voda existuje při rostoucí teplotě?
Ze sebraných úloh.

Nejprve si ujasněme počáteční stav našeho problému. V čase t_0 těsně po uzavření hrnce je nad vodní hladinou atmosféra skládající se z dusíku, kyslíku a zanedbatelného množství ostatních plynů a vodní páry. Její tlak označme p_0 . Jakmile začneme hrnec zahřívát, voda uvnitř se bude snažit dostat do dynamické rovnováhy se svým okolím. Tedy bude se vypařovat do doby, než se nad hladinou vytvoří sytá pára o tlaku p_s , jenž se odvíjí od teploty vody. Nad vodní hladinou tedy bude tlak $p = p_0 + p_s$.

Nyní si ujasněme, co se děje během varu. Při varu vznikají uvnitř kapaliny bubliny syté páry o tlaku p_s , které vystupují k povrchu kapaliny. Ovšem aby k varu vůbec došlo, musí být nad hladinou kapaliny tlak menší nebo roven tlaku sytých par při dané teplotě. V našem případě je však tlak nad hladinou kapaliny větší o tlak p_0 , tedy k varu nikdy nedojde. Během dalšího zahřívání po vytvoření syté páry nad vodní hladinou se bude stav našeho systému pohybovat po křivce syté páry až ke kritickému bodu. Pro vodu je kritická teplota rovna 374°C a kritický tlak je roven $22,1\text{ MPa}$.

Zbývá ještě odpovědět na otázku, v jakých fázích se bude voda během zahřívání vyskytovat. Nejdříve se bude vyskytovat jako kapalina a plyn, po jisté době bude ve stavu kapaliny a její syté páry a konečně po dosažení kritického bodu bude voda existovat v superkritickém stavu.

Zdeněk Kučka

zdenek@fykos.mff.cuni.cz