



7. úloha: Dvě baňky

I. Zadání

Two similar flasks (one is empty, one contains water) are each connected by flexible pipes to a water reservoir. The flasks are heated to 100°C and this temperature is held for some time. Heating is stopped and as the flasks cool down, water is drawn up the tubes. Investigate and describe in which tube the water goes up faster and in which the final height is greater. How does this effect depend on the time of heating?

II. Úvod

Úloha je na první pohled z kategorie termiky.

Rozbor zadání

- baňky – prázdná = vzduch
s vodou = vzduch + voda – kolik vody? Hodně/Málo?
- po určitý čas – Jak dlouho?
- proudí rychleji – Zjistit rychlost stoupání
- finální výška – Zjistit u obou hadiček

III. Teorie

V obou případech samozřejmě musíme zahřívat baňky tak dlouho, dokud v nich nezůstane žádný vzduch.

Vzduch

Ohřívání – Vzduch se volně roztahuje, tzn. tlak je konstantní. Proto by měla platit rovnice pro izobarický děj:

$$\frac{V_{poč}}{T_{poč}} = \frac{V_{kon}}{T_{kon}}$$

Počáteční teplota byla pokojová čili 293 K, konečná 373 K. Po dosazení máme

$1,27 \cdot V_{poč} = V_{kon}$, čili objem vzduchu, který se vytlačil, je přibližně 27% původního objemu.

Chladnutí – Žádný vzduch se nevtahuje (vtahuje se jen voda), takže objem vzduchu je konstantní. Tudíž by měla platit rovnice pro izochorický děj:

$$\frac{P_{poč}}{T_{poč}} = \frac{P_{kon}}{T_{kon}}$$

Pro ochladnutí zpátky na 293 K se tlak zmenší o 27%, což je přesně tolik, o kolik se předtím zmenšil objem.

$$p=0,27 \cdot p_{atm} \approx 27 \text{ kPa}$$

Pro výšku vody, která vyleze zpátky v hadičkách, potom máme

$$h \cdot \rho \cdot g \approx 27 \text{ kPa}$$

$$h \approx 2,7 \text{ m}$$

Rychlost stoupání vody

$$v = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g \cdot \Delta t}$$

$$p = T \cdot \frac{p_{\text{var}}}{T_{\text{var}}} \rightarrow \Delta p = \Delta T \cdot \frac{p_0}{T_0}$$

$$v = \frac{\Delta T}{\Delta t} \cdot \frac{p_0}{\rho \cdot g \cdot T_0}$$

$$\Delta Q = q \cdot \Delta t = \Delta T \cdot C$$

rychlost klesání teploty: $\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{q}{C}$ - q - tepelný tok

tepelnou kapacitu C jsme naměřili 150 J/°C, rychlost klesání přibližně 1°C/s, tudíž q = 150 J/s.

$$v = \frac{q}{C} \cdot \frac{p_0}{\rho \cdot g \cdot T_0}$$

Výsledná rychlost stoupání je potom $v \approx 2,5 \text{ cm / s}$

Směs voda + vzduch

Během zahřívání budou vznikat nasycené páry. Páry poté ve směsi se vzduchem budou vytlačovány. Až v baňce nezůstane žádný vzduch, bude ochlazovat. Tlak pár je zanedbatelný, takže voda vystoupí do výšky odpovídající atmosférickému tlaku **10m**.

Při konstantním tepelném toku:

$$\text{teplo v systému klesne o } \Delta t \cdot q = Q$$

$$\text{tlak pár poklesne o asi } a \cdot \Delta T = p$$



7.11.2012

hmotnost pár poklesne o $\Delta m = b \cdot V \cdot \Delta T$

uvolní páry $c \cdot \Delta t = Q$

Přibližné hodnoty a, b, c při teplotě blízké 100°C:

$$a \approx 3,4 \text{ kPa} / ^\circ\text{C} \quad b \approx 19 \text{ g} / \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C} \quad c \approx 2,3 \text{ kJ} / \text{g}$$

Rychlost stoupání vody

$$q \cdot \Delta t = c \cdot b \cdot V \cdot \Delta T$$

$$v = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g \cdot \Delta t} = \dots = \frac{\Delta T \cdot a}{\rho \cdot g \cdot \Delta t} = \frac{q \cdot a}{b \cdot c \cdot V \cdot \rho \cdot g} \approx 0,2 \text{ cm} / \text{s}$$

IV. Experimenty

Protože baňky fungují na sobě nezávisle, můžeme udělat dva nezávislé experimenty.

Hadičky musejí být dostatečně dlouhé, úzké a umístěné převážně svisle.

Samozřejmostí je, aby baňky byly vzduchotěsné, abychom zabránili ztrátě podtlaku, který je pro provedení experimentu nezbytný.

Abychom docílili co nejvíce konstantního tepelného toku q , měli bychom baňky ohřívat ve vodní lázni, kterou budeme co nejvíce promíchávat. Chlazení proběhne stejně s tím rozdílem, že lázeň bude tvořit velký objem studené vody.





7.11.2012

V. Závěr

Porovnáme-li výšku, do které vystoupá voda, tak jednoznačně výše vystoupí v baňce obsahující vodu.

Na druhou stranu rychlost stoupání vody je signifikantně větší v baňce se vzduchem.