

Hmotnostné skupenské teplo vyparovania dusíka

Princíp:

Vyparovanie je proces, pri ktorom sa kvapalná látka mení na plynnú látku. Ak chceme kvapalinu s určitou hmotnosťou premeniť na paru s rovnakou teplotou, musí kvapalina prijať skupenské teplo vyparovania L_v . Teplo potrebné na vyparenie jedného kilogramu látky je hmotnostné skupenské teplo vyparovania l_v , pričom platí $L_v = l_v \cdot m$, kde m je hmotnosť kvapaliny.

Dusík sa za bežných podmienkach nachádza v plynnom skupenstve. V kvapalnom stave má veľmi nízku teplotu a uskladňuje sa v špeciálnych izolovaných nádobách. Hmotnostné skupenské teplo vyparovania dusíka je možné určiť na základe tepelnej výmeny s teplejším telesom (hliníkové teleso, voda). Pri tomto procese platí, že teplo odovzdané teplejším telesom sa rovná teplu prijatému dusíkom na jeho vyparenie.

$$c_t \cdot m_t \cdot (t_1 - t_2) = l_v \cdot m_N \quad (1),$$

kde c_t je hmotnostná tepelná kapacita telesa (voda, hliníkové teleso), m_t je hmotnosť telesa, t_1 je teplota telesa pred procesom vyparovania, t_2 teplota telesa po vyparení dusíka a m_N je hmotnosť vypareného dusíka. Po úprave dostaneme vzťah pre výpočet hmotnostného skupenského tepla vyparovania

$$l_v = \frac{c_t \cdot m_t \cdot (t_1 - t_2)}{m_N} \quad (2)$$

Úlohy:

1. Určiť hmotnostné skupenské teplo vyparovania dusíka na základe tepelnej výmeny s vodou
2. Určiť hmotnostné skupenské teplo vyparovania dusíka na základe tepelnej výmeny s hliníkovým telesom

Pomôcky:

Systém COACH 6, Interfejs (napr. CoachLabII), termočlánok (TCA-BTA, Vernier), teplomer (016, CMA),

tekutý dusík, dve polystyrénové nádoby, kadička, destilovaná voda, kanvica na zohriatie vody, váhy, hliníkové teleso napr. tvaru valca

Postup práce:

1. Otvorte aktivitu Hmot. skup. teplo varu. Ak súbor ešte nie je pripravený, vytvorte novú úlohu. Odkryte panel, z knižnice vyberte príslušný termočlánok, presuňte ho na kanál 1 a tiež príslušný teplomer, ktorý presuňte na kanál 2. Zobraďte tabuľku merania pre teplomer aj termočlánok. Nastavte frekvenciu merania na manuálne zadávanie a následne nastavte počet meraní napríklad na 20.
2. Pripravte experiment. Použite ochranné pomôcky pri práci s tekutým dusíkom.
3. Úloha1: Zohrejte vodu. Odvážte hmotnosť polystyrénovej nádoby a nalejte do nej vodu. Sústavu odvážte, aby ste zistili hmotnosť vody podľa vzťahu $m_t = m_2 - m_1$, kde m_1 je hmotnosť polystyrénovej nádoby a m_2 je hmotnosť sústavy. Pomocou teplomeru zaznamenajte teplotu vody t_1 . Odvážte hmotnosť druhej polystyrénovej nádoby a nalejte

do nej dusík. Túto sústavu odvážte a zistíte hmotnosť dusíka pomocou vzťahu $m_N = m_4 - m_3$, kde m_3 je hmotnosť nádoby a m_4 je hmotnosť sústavy. Rýchlo, ale opatrne, prilejte dusík k teplej vode. Počkajte kým sa proces vyparovania ukončí. Zmes premiešajte, aby sa prípadne kúsky ľadu roztopili. Zaznamenajte konečnú teplotu vody t_2 .
Úloha2: Odvážte hliníkové teleso m_t a zistíte jeho teplotu. Keďže v rovnováhe majú telesa rovnakú teplotu ako je teplota jeho okolia, zaznamenajte teplotu v laboratóriu t_1 . Opatrne ponorte teleso do dusíka (pozor na sršanie) a odvážte túto sústavu m_6 . Počkajte kým neustane sršanie a zmerajte teplotu hliníkového telesa t_2 , ktorá je zhodná s teplotou dusíka. Opäť odvážte túto sústavu m_5 . Určte hmotnosť vypareného dusíka podľa vzťahu $m_N = m_6 - m_5$.

Analýza:

1. Určte hmotnostné skupenské teplo vyparovania v úlohe 1 a v úlohe 2 podľa rovnice (2)
2. Porovnajete obe metódy určovania hmotnostného skupenského tepla vyparovania

Získané výsledky:

Pomocou oboch metód sme namerali nasledovné hodnoty.

1. Teplá voda

| | | |
|----------------------|---------------|---------------|
| $t_1 = 57,5^\circ C$ | $m_1 = 182 g$ | $m_3 = 223 g$ |
| $t_2 = 9,2^\circ C$ | $m_2 = 378 g$ | $m_4 = 422 g$ |
| | $m_t = 205 g$ | $m_N = 199 g$ |

$$c_t = 4180 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$$

Dosadením hodnôt do rovnice (2.2) sme vypočítali hmotnostné skupenské teplo vyparovania dusíka

$$l_v = \frac{c_t \cdot m_t \cdot (t_1 - t_2)}{m_N} = 207981,26 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$$

Teoretická hodnota hmotnostného skupenského tepla vyparovania dusíka je

$$l_v = 198000 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$$

Chyba merania: $\delta_{l_v} = 5,04\%$

2. Hliníkové teleso

| | |
|------------------------|---------------|
| $t_1 = 22,3^\circ C$ | $m_5 = 479 g$ |
| $t_2 = -194,9^\circ C$ | $m_t = 138 g$ |
| | $m_6 = 371 g$ |
| | $m_N = 108 g$ |

$$c_t = 711,756 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$$

Dosadením hodnôt do rovnice (2.2) sme vypočítali hmotnostné skupenské teplo vyparovania dusíka

$$l_v = \frac{c_t \cdot m_t \cdot (t_1 - t_2)}{m_N} = 198677,382 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$$

Teoretická hodnota hmotnostného skupenského tepla vyparovania dusíka je

$$l_v = 198000 J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$$

Chyba merania: $\delta_{l_v} = 0,34\%$

Metóda pomocou tepelnej kapacity hliníka sa zdá byť presnejšia, no obe metódy majú malé chyby merania.