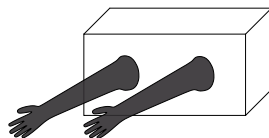


Úloha IV.5 ... Glovebox

8 bodů; (chybí statistiky)

Monča na stáži manipuluje s hodně reaktivním a nebezpečným materiálem, který se uchovává v inertní atmosféře čistého argonu v takzvaném gloveboxu. Glovebox je vzduchotěsná uzavřená krabice, která má v sobě rukavice, díky kterým jde pracovat s materiálem uvnitř.



Ten, se kterým Monča pracuje, je kvádr o objemu $1,2\text{ m}^3$. Monča při práci používá dvě rukavice, které kvůli vyššímu tlaku za normálních podmínek uvnitř gloveboxu (tedy když je zrovna Monča nepoužívá) trčí ven. Uvnitř gloveboxu, když zrovna není používán, je teplota $21,2^\circ\text{C}$ a tlak $112,8\text{ kPa}$. Argon považujte za ideální plyn s jednoatomovými molekulami.

1. Monča změřila, že když zastrčí ruce do rukavic, teplota uvnitř se zvýší na $21,6^\circ\text{C}$ a tlak na $116,3\text{ kPa}$. Jaký objem mají obě rukavice, pokud uvažujeme, že mají stejný objem, když jsou zastrčené i vystrčené z gloveboxu?
2. Potom si Monča uvědomila, že s údaji, které má, může vypočítat, kolik plynu je uvnitř. Využijte objemu rukavic, který jste spočítali, a zjistěte molární množství argonu v gloveboxu.
3. Vypočítejte, jakou práci Monča vykoná, když strčí obě ruce do gloveboxu. Můžete uvažovat, že všechna vykonaná práce se změní na vnitřní energii plynu.

1. K výpočtu objemu rukavic využijeme stavovou rovnici ideálního plynu, která má tvar

$$pV = nRT,$$

kde p je tlak, V je objem, n je molární množství, $R = 8,31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ je molární plynová konstanta a T je termodynamická teplota plynu.

Pokud si označíme objem obou rukavic V_R , můžeme vyjádřit objem plynu v gloveboxu před zastrčením rukou do rukavic jako $V_1 = V + V_R$ a po zastrčení jako $V_2 = V - V_R$. Po dosazení do stavové rovnice dostaneme soustavu dvou rovnic

$$\begin{aligned} p_1(V + V_R) &= nRT_1, \\ p_2(V - V_R) &= nRT_2, \end{aligned} \quad (1)$$

kde p_1 a T_1 je tlak a teplota před zastrčením rukou do rukavic a p_2 a T_2 je tlak a teplota po zastrčení. Pokud vydělíme obě rovnice teplotou, zůstane na pravé straně rovnice jen člen nR . Jelikož se molární množství plynu ani molární plynová konstanta nemění, bude člen nR v obou rovnicích stejný, levé strany rovnic tudíž můžeme dát do rovnosti

$$\frac{p_1(V + V_R)}{T_1} = \frac{p_2(V - V_R)}{T_2}.$$

Teď už nám stačí pouze vyjádřit z rovnice objem rukavic

$$V_R = V \frac{p_2 T_1 - p_1 T_2}{p_2 T_1 + p_1 T_2} = 0,018\text{ m}^3 = 18\text{ l}. \quad (2)$$

Při dosazování do rovnice nesmíme zapomenout převést teplotu ze stupňů Celsia na Kelviny.

2. Pro výpočet molárního množství plynu můžeme využít jednu z rovnic ze soustavy (1). Z první rovnice po vyjádření n a dosazení V_R z rovnice (2) dostaneme

$$n = \frac{p_1(V + V_R)}{RT_1} = \frac{p_1 V}{RT_1} \left(1 + \frac{p_2 T_1 - p_1 T_2}{p_2 T_1 + p_1 T_2} \right) = \frac{2V p_1 p_2}{R(p_2 T_1 + p_1 T_2)} = 56,1 \text{ mol}. \quad (3)$$

V gloveboxu je 56,1 mol argonu.

3. Všechna práce, kterou Monča zastrčením rukou do gloveboxu vykonala, se přeměnila na vnitřní energii plynu. Musí tak platit, že změna vnitřní energie plynu ΔU se rovná vykonané práci W .

Argon je jednoatomový plyn a pro jeho vnitřní energii proto platí vztah

$$U = \frac{3}{2} nRT \quad \Rightarrow \quad \Delta U = \frac{3}{2} nR(T_2 - T_1).$$

Dosadíme vztah pro n z rovnice (3) a dostaneme vztah pro změnu vnitřní energie a tedy i vykonanou práci

$$W = \Delta U = \frac{3V p_1 p_2 (T_2 - T_1)}{p_2 T_1 + p_1 T_2} = 280 \text{ J}.$$

Monča zastrčením rukou do rukavic vykonala práci 280 J.

Max Menčík

max.mencik@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.