

**53. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2011/2012**

*Experimentálna úloha celoštátneho kola kategórie A – zadanie
v maďarskom jazyku*

Ez a kísérleti feladat két önálló részfeladatból áll, ahol az első részfeladat eredményét felhasználják a második részfeladatban.

1. feladat

Az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitásának meghatározása a 45 °C – 65 °C hőmérséklet tartományban

Az első feladatban a következő segédeszközöket használják:

- műanyag pohár fedővel, amelyben nyílás van a hőmérő számára,
- digitális hőmérő,
- alumínium henger, nyílással a henger közepén,
- digitális mérleg,
- digitális stopperóra.

Az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitását két kísérleti méréssel határozzák meg:

- első kísérlet – vizsgálják a víz hűlését a műanyag pohárban az alumínium henger nélkül;
- második kísérlet – vizsgálják a víz hűlését a műanyag pohárban az alumínium hengerrel együtt, amelyet a vízbe helyeztek!

A víz hőmérséklete a műanyag pohárban a víz és a környezet hőcseréjének következtében csökken. Ez a hőcsere lineárisan függ a pohárban levő víz és a környező levegő hőmérséklet különbségétől, amelyet a következő képlet határoz meg

$$\alpha(T - T_{ok})dt = -CdT, \quad (1.1)$$

ahol α függ a pohárban levő vízszint magasságától, T_{ok} a környező levegő hőmérséklete, C a rendszer hőkapacitása, t az idő. Az első kísérletben az m_{v1} tömegű víz hőkapacitása

$$C_1 = m_{v1}c_v. \quad (1.2)$$

A második kísérletben az m_{v2} tömegű víz hőkapacitása (amelybe m tömegű alumíniumhengert helyeztünk)

$$C_2 = m_{v2}c_v + mc_{Al}, \quad (1.3)$$

ahol $c_v = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a víz fajlagos hőkapacitása. Az (1.1) egyenlet megoldása

$$(T - T_{ok}) = (T_p - T_{ok})e^{-\frac{\alpha}{C}t}, \quad (1.4)$$

ahol T_p a víz kezdeti hőmérséklete, amelyet a kísérletben lejegyeztek. Az (1.4) egyenletből a C hőkapacitást az egyenlet linearizálásával kaphatjuk meg

$$y = y_p - \frac{\alpha}{C}t, \quad \text{ahol} \quad y = \ln(T - T_{ok}).$$

Ezt az összefüggést elemezzék grafikus eljárással!

Feladatok:

- 1.1 Fejezzék ki ac_{Al} fajlagos hőkapacitást az (1.2) és (1.3) képletből, mint a mért mennyiségek függvényét. Ezek a mennyiségek következők: az első kísérletben használt meleg víz m_{v1} tömege, a második kísérletben használt meleg víz m_{v2} tömege, az alumínium henger m tömege és a hőkapacitások $K = \frac{C_1}{C_2}$ aránya, ahol C_1 a víz hőkapacitása az első kísérletben, C_2 a víz hőkapacitása az alumínium hengerrel a második kísérletében! Az eredményt írják be a *Válaszívbe*!
- 1.2 Végezzék el az első kísérletet! Mérjék a víz (alumíniumhenger nélküli) T_1 hőmérsékletét a pohárban hűlés közben! Vizsgálják a víz T_1 hőmérséklete és t idő közti összefüggést a 65 °C-tól 45 °C-ig terjedő hőmérséklet tartományban!
A mért értékeket írják a *Válaszíven* található táblázatba, a pohárban levő víz m_{v1} tömegével és a környező levegő T_{ok} hőmérsékletével együtt!
- 1.3 Végezzék el a második kísérletet! Mérjék a víz (és alumíniumhenger) T_2 hőmérsékletét a pohárban hűlés közben! Vizsgálják a víz T_2 hőmérséklete és t idő közti összefüggést a 65 °C-tól 45 °C-ig terjedő hőmérséklet tartományban!
A mért értékeket írják a *Válaszíven* található táblázatba, a pohárban levő víz m_{v2} tömegével, az alumíniumhenger m tömegével és a környező levegő T_{ok} hőmérsékletével együtt!
- 1.4 Készítsék el a megfelelő grafikont, és állapítsák meg belőle a $K = \frac{C_1}{C_2}$ arányt, valamint a ΔK bizonytalanságot! Az eredményt írják a *Válaszívbe*!
- 1.5 Határozzák meg ac_{Al} fajlagos hőkapacitást és a Δc_{Al} bizonytalanságot! Az eredményt írják a *Válaszívbe*!

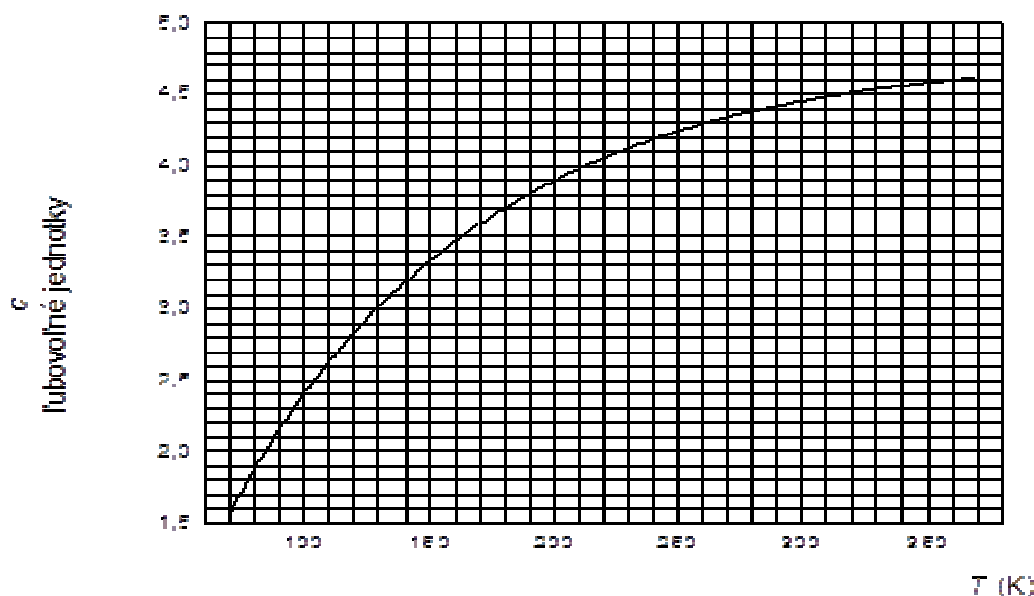
2. feladat

A cseppfolyós nitrogén L ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$) fajlagos forráshőjének mérése.

A feladatban a következő segédeszközöket használják:

- polisztirén pohár fedővel,
- alumínium henger, nyílással a henger közepén,
- digitális mérleg,
- digitális stopperóra.
- zsinór, amely segítségével az alumíniumhengert a folyékony nitrogénnel feltöltött polisztirén pohárba helyezik.

A cseppfolyós nitrogén forráspontja normál légköri nyomásnál $T_{\text{vN}} = 77 \text{ K} = -196^\circ\text{C}$. A cseppfolyós nitrogén tömege, miután a pohárba öntjük, csökkenni kezd, mivel párolog. Miután a cseppfolyós nitrogénbe helyezzük az alumíniumhengert, amely hőmérséklete a környező levegő hőmérsékletével egyenlő, a cseppfolyós nitrogén erősen kezd forni, amíg az alumíniumhenger le nem hűl a cseppfolyós nitrogén forráspontjára. Ebben a pillanatban a cseppfolyós nitrogén egy pillanatra kis gejzírt hoz létre. Ennél a jelenségnél adott mennyiségű nitrogén párolog el. Ezután folytatódik a cseppfolyós nitrogén spontánpárolgása. Merve a cseppfolyós nitrogén tömegének változását a pohárban, meghatározhatjuk mekkora tömegű cseppfolyós nitrogén párologott el az alumíniumhenger által előidézett forrás következtében.



A kísérletben a hőmérsékletet széles hőmérséklet tartományban mérjük (a környező levegő hőmérsékletétől a cseppfolyós nitrogén forráspontjáig), ezért figyelembe kell vennünk az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitásának hőmérséklet függését, amelyet a fenti grafikonon ábrázol. Az y tengelyen az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitása van feltüntetve tetszőleges egységben. Használják fel az első feladat 1.5 részének eredményét, amelyben az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitását mérték meg a $45^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}$ hőmérséklettartományban, és normalizálják az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitásának grafikonban feltüntetett hőmérsékletfüggését az SI mértékegységre ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

FIGYELMEZTETÉS!

- 1) A cseppfolyós nitrogén forráspontja $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, ezért nagyon óvatosan dolgozzanak vele! Ügyeljenek arra, hogy ne kerüljenek érintkezésbe a cseppfolyós nitrogénnel, főleg ne a testrészük védtelen részével!
- 2) A cseppfolyós nitrogénbe ne helyezzenek mást, mint az alumíniumhengert!
- 3) Az alumíniumhenger cseppfolyós nitrogénbe helyezésekor kérjék meg a felügyeletet, hogy segítsen!

Feladatok:

- 2.1 Mérjék meg a cseppfolyós nitrogén párolgási sebességét a lezárt polisztrénpohárból az alumíniumhenger belehelyezése előtt, miközben az alumíniumhenger a pohárban van, és miután a cseppfolyós nitrogén forrása abbamarad! A mérési eredményeket írják a *Válaszívbe*! A táblázatba írják be a pohár és nitrogén $M(t)$ tömegének időfüggését, valamint az elpárolgott nitrogén $m_N(t)$ tömegének időfüggését!
- 2.2 A mért adatokból szerkesszék meg az elpárolgott nitrogén $m_N(t)$ tömegének időfüggését ábrázoló grafikonját! Az adott időfüggésnek három különböző állapotot kéne tartalmaznia.
- 2.3 Határozzák meg az elpárolgott nitrogén $m_N(t)$ tömegének időfüggéséből mekkora m_N tömegű nitrogén párolgott el az alumíniumhenger hűtése közben (mialatt a cseppfolyós nitrogén forrásban volt)! Az m_N tömeg meghatározásakor vegyék figyelembe a cseppfolyós nitrogén és a környező levegő közti hőcserét az alumíniumhenger cseppfolyós nitrogénbe helyezése előtt, alatta, és miután lehűlt a T_{vN} hőmérsékletre. Írják m_N értékét és a Δm_N bizonytalanság értékét a *Válaszívbe*!
- 2.4 Normalizálják az alumínium c_{Al} fajlagos hőkapacitásának hőmérsékletét ábrázoló grafikon y tengelyét az első feladat 1.5 részének eredménye alapján! Tételezzék fel, hogy c_{Al} állandó a $45\text{ }^{\circ}\text{C} - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklettartományban! Írják a *Válaszívbe* a tetszőleges mértékegység SI mértékegységre ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) transzformáló β konverziós koefficiensét
$$c_{Al}(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) = \beta c_{Al}(\text{tetszőleges egység}).$$
- 2.5 Határozzák meg a mért értékekből a cseppfolyós nitrogén L fajlagos forráshőjét! Az eredményt és a ΔL bizonytalanságot írják a *Válaszívbe*! Tételezzék fel, hogy miután az alumíniumhengert a cseppfolyós nitrogénbe helyezték, a henger által a cseppfolyós nitrogénnek leadott hő

$$Q = m \int_{T_{vN}}^{T_{ok}} c_{Al}(T) dT.$$

SOK SIKERT A KÍSÉRLETEKHEZ!

53. ročník Fyzikálnej olympiády – Experimentálna úloha celoštátneho kola kategórie A

Autor úlohy:	Ľubomír Mucha
Recenzia:	Ivo Čáp
Redakčná úprava:	Ľubomír Mucha, Ivo Čáp
Preklad:	Aba Teleki
	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády http://fo.uniza.sk
Vydal:	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2012