

TRANSFORMĂRI DE STARE DE AGREGARE

CLASA A X-A

prof. Căpățînă Smaranda

Colegiul Național "Preparandia Dimitrie Țichindeal" Arad

I.PROBLEME REZOLVATE

1. Într-un calorimetru se amestecă $m_1=840\text{g}$ apă la temperatura $t_1=28^\circ\text{C}$ și $m_2=24\text{g}$ gheață la 0°C . După topirea gheții se introduce un cub de metal cu masa $M=216\text{g}$, a cărui temperatură este t_2 . Știind că temperatura finală a amestecului devine iarăși $t_1=28^\circ\text{C}$, se cer:

a. temperatura t a amestecului după topirea gheții, înainte de introducerea cubului

b. temperatura inițială a cubului

Se dă: căldura specifică a apei $c_a=4180\text{ J/kg K}$, căldura specifică a metalului $c=420\text{ J/kg K}$, căldura latentă de topire a gheții $\lambda=334\text{ kJ/kg}$

Datele problemei:

$$m_1=840\text{g apă}=0,84\text{ kg}$$

$$t_1=28^\circ\text{C}$$

$$m_2=24\text{g gheață}=0,024\text{kg}$$

$$t_g=0^\circ\text{C}$$

$$M=216\text{g}=0,216\text{kg}$$

$$c_a=4180\text{ J/kg K}$$

$$c=420\text{ J/kg K}$$

$$\lambda=334\text{ kJ/kg}=334\cdot 10^3\text{J/kg}$$

$$t=?$$

$$t_2=?$$

a. Folosim relațiile:

- ecuația calorimetrică: $Q_{\text{absorbit}} = |Q_{\text{cedat}}|$
- Gheața absoarbe căldură: $Q_{\text{absorbit}} = m_2 \lambda + m_2 c_a (t - t_g)$
- Apa cedează căldură: $Q_{\text{cedat}} = m_1 c_a (t - t_1)$
- $|Q_{\text{cedat}}| = m_1 c_a (t_1 - t)$

$$\Rightarrow m_2 \lambda + m_2 c_a (t - t_g) = m_1 c_a (t_1 - t)$$

$$m_2 \lambda + m_2 c_a t - m_2 c_a t_g = m_1 c_a t_1 - m_1 c_a t$$

$$m_2 c_a t + m_1 c_a t = m_1 c_a t_1 + m_2 c_a t_g - m_2 \lambda$$

$$t c_a (m_1 + m_2) = m_1 c_a t_1 + m_2 c_a t_g - m_2 \lambda$$

$$t = \frac{m_1 c_a t_1 + m_2 c_a t_g - m_2 \lambda}{c_a (m_1 + m_2)}$$

$$t = 25^\circ\text{C}$$

b. Folosim relațiile:

- ecuația calorimetrică: $Q_{\text{absorbit}} = |Q_{\text{cedat}}|$
- Apa absoarbe căldură: $Q_{\text{absorbit}} = (m_1 + m_2) c_a (t_1 - t)$
- Cubul cedează căldură: $Q_{\text{cedat}} = M c (t_1 - t_2)$
- $|Q_{\text{cedat}}| = M c (t_2 - t_1)$

$$\Rightarrow (m_1 + m_2) c_a (t_1 - t) = M c (t_2 - t_1)$$

$$(m_1 + m_2) c_a (t_1 - t) = M c t_2 - M c t_1$$

$$(m_1 + m_2) c_a (t_1 - t) + M c t_1 = M c t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{(m_1 + m_2) c_a (t_1 - t) + M c t_1}{M c}$$

$$t_2 = 147,4^\circ\text{C}$$

2. Într-un vas calorimetric de alamă de masă $m_C = 200\text{g}$ se află un volum $V = 1\text{l}$ de apă și o masă $m_g = 400\text{g}$ de gheață în echilibru termic. În apa din vas se introduc $m_v = 100\text{g}$ de vapori de apă la temperatura de fierbere $\theta = 100^\circ\text{C}$. Care va fi temperatura finală de echilibru? Se dă: căldura specifică a apei $c_a = 4180\text{ J/kg K}$, căldura latentă de topire a gheții $\lambda_g = 334\text{ kJ/kg}$, căldura latentă de vaporizare a apei $\lambda_v = 2257\text{ kJ/kg}$, căldura specifică a calorimetrului $c_c = 370\text{ J/kg K}$, densitatea apei $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$.

Datele problemei:

$$m_C = 200\text{g} = 0,2\text{ kg} - \text{calorimetru alamă}$$

$$V = 1\text{l} = 1\text{ dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$$

$$t_1 = 28^\circ\text{C}$$

$$m_g = 400\text{g} = 0,4\text{ kg} - \text{gheață}$$

$$m_v = 100\text{g} = 0,1\text{ kg} - \text{vapori de apă}$$

$$t_g = 0^\circ\text{C}$$

$$\theta = 100^\circ\text{C}$$

$$c_a = 4180\text{ J/kg K}$$

$$c_c = 370\text{ J/kg K}$$

$$\lambda_g = 334\text{ kJ/kg} = 334 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$\lambda_v = 2257\text{ kJ/kg} = 2257 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$t = ?$$

Căldura necesară topirii gheții:

$$Q_g = m_g \lambda_g = 0,4\text{ kg} \cdot 334 \cdot 10^3\text{ J/kg} = 133600\text{ J}$$

Căldura cedată de vaporii de apă care se condensează și ajung la 0°C .

$$Q_v = m_v \lambda_v + m_v c_a (t_g - \theta)$$

$$|Q_v| = m_v \lambda_v + m_v c_a (\theta - t_g)$$

$$|Q_v| = 0,1\text{ kg} \cdot 2257 \cdot 10^3\text{ J/kg} + 0,1\text{ kg} \cdot 4180\text{ J/kg K} \cdot 100\text{ K} = 267500\text{ J}$$

\Rightarrow Se va topi toată gheața.

Notăm cu t temperatura finală de echilibru.

Aplicăm:

- ecuația calorimetrică: $Q_{\text{absorbit}} = |Q_{\text{cedat}}|$
- Căldura absorbită de vas, gheață și apă ca să ajungă la temperatura de echilibru t : $Q_{\text{absorbit}} = m_g \lambda_g + m_c c_c (t - t_g) + (m_a + m_g) c_a (t - t_g)$
- $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho * V = 1 \text{ kg}$ apă
- Căldura cedată de vapori ca să se condenseze și să ajungă la temperatura de echilibru t : $Q_{\text{cedat}} = m_v \lambda_v + m_v c_a (t - \theta)$

$$|Q_{\text{cedat}}| = m_v \lambda_v + m_v c_a (\theta - t)$$

$$\Rightarrow m_g \lambda_g + m_c c_c (t - t_g) + (m_a + m_g) c_a (t - t_g) = m_v \lambda_v + m_v c_a (\theta - t)$$

$$t (m_c c_c + m_a c_a + m_g c_a + m_v c_a) = m_v \lambda_v - m_g \lambda_g + m_v c_a \theta + t_g (m_c c_c + m_a c_a + m_g c_a)$$

$$t = \frac{m_v \lambda_v - m_g \lambda_g + m_v c_a \theta + t_g (m_c c_c + m_a c_a + m_g c_a)}{m_c c_c + m_a c_a + m_g c_a + m_v c_a}$$

$$t = \frac{0,1 \text{ kg } 2257 \frac{10^3 \text{ J}}{\text{kg}} - 0,4 \text{ kg } 334 \frac{10^3 \text{ J}}{\text{kg}} + 0,1 \text{ kg } 4180 \frac{\text{ J}}{\text{K kg}} 100 \text{ K}}{0,2 \text{ kg } 370 \frac{\text{ J}}{\text{K kg}} + 1,4 \text{ kg } 4180 \frac{\text{ J}}{\text{K kg}} + 0,1 \text{ kg } 4180 \frac{\text{ J}}{\text{K kg}}}$$

$$t = 21^\circ \text{C}$$

II. DETERMINAREA CĂLDURII LATENTE SPECIFICE DE TOPIRE A GHEȚII

Teoria lucrării:

Se știe că procesul de trecere din stare solidă în stare lichidă poartă denumirea de topire și se face cu absorbție de căldură. Schimbarea stării de agregare se realizează la o valoare bine determinată a temperaturii, caracteristică pentru substanța dată, așa numita temperatură de topire. Căldura schimbată de unitatea de masă a substanței cu mediul exterior în cadrul transformării considerate, la temperatura constantă, se numește căldura latentă de topire. Această căldură este preluată de corp fie de la o sursă de căldură (un combustibil care arde), fie de la un corp mai cald, așa cum vom proceda în această lucrare.

Într-un calorimetru cu apă, la temperatura camerei sau puțin mai mare, se introduce o bucată de gheață. Apa și calorimetrul cedează cantitatea de căldură pe care o ia gheața pentru a se topi, iar apa rezultată din topire se va încălzi până la temperatura finală θ . Notăm cu λ căldura latentă specifică de topire și folosind ecuația calorimetrică $|Q_{cedat}| = Q_{primit}$.

Folosim următoarele notații: m_1 -masa calorimetrului, m_2 -masa apei, c_1 -căldura specifică a calorimetrului, c_2 -căldura specifică a apei, t_1 -temperatura inițială a apei și a calorimetrului, θ -temperatura finală de echilibru, iar m -masa gheții.

Cantitatea de căldură cedată de apă și calorimetru:

$$|Q_{cedat}| = (m_1 c_1 + m_2 c_2)(t_1 - \theta)$$

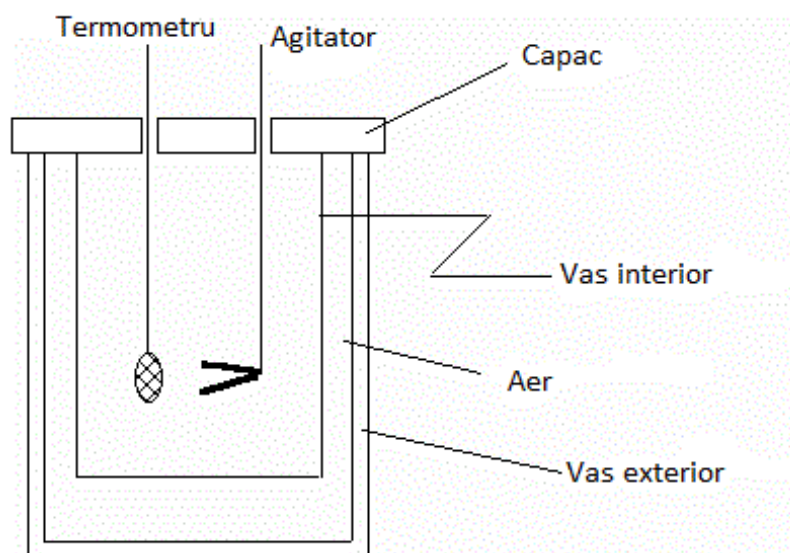
Cantitatea de căldură primită de gheață: $Q_{primit} = m\lambda + mc_2\theta$

$$(m_1c_1 + m_2c_2)(t_1 - \theta) = m\lambda + mc_2\theta$$

Din formula de mai sus se deduce: $\lambda = \frac{(m_1c_1 + m_2c_2)(t_1 - \theta) - mc_2\theta}{m}$

Materiale necesare: un calorimetru, un vas cu gheață, un pahar cu apă, un termometru, cântar electronic.

Schema unui
calorimetru preluată din



<https://vignette.wikia.nocookie.net/math/images/b/bf/Calorimetrul.pdf/revision/latest?cb=20150218051510&path-prefix=ro>

Mod de lucru:

- Se cântărește vasul calorimetric și se notează cu m_1 masa lui
- Se cântărește vasul cu apă și prin diferență se află masa m_2 a apei din calorimetru
- Se pune termometrul în apă și se așteaptă 1-2 min. Se face citirea temperaturii inițiale t_1
- Se introduce o bucătică de gheață și se agită ușor, până se topește toată gheața. Se citește temperatura finală θ , când aceasta devine staționară
- Se cântărește din nou vasul cu apă și prin diferență aflăm masa apei rezultate din topirea gheții, deci și masa gheții

- Experimentul se poate continua cu altă bucată de gheață

Prelucrarea datelor experimentale:

- Se determină $\lambda = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2)(t_1 - \theta) - m c_2 \theta}{m}$
- Se trec valorile măsurate în următorul tabel:

$m_1(\text{g})$	$m_2(\text{g})$	$m(\text{g})$	c_1 (J/kg K)	c_2 (J/kg K)	$t_1(^{\circ}\text{C})$	$\theta(^{\circ}\text{C})$	λ (J/k)	λ_{mediu} (J/K)

Observație: Cantitatea de apă aflată inițial în calorimetru trebuie să fie suficient de mare pentru a asigura topirea completă a bucății de gheață pe care o introducem.

Surse de erori: erori datorate citirii termometrului, sistemul de corpuri aflate în contact termic nu e izolat de mediul exterior, erori datorate aproximării valorilor obținute, erori datorate preciziei limitate a termometrului, numărul mic de măsuratori, poziționarea greșită a capacului calorimetrului și pierderea căldurii în exterior, etc.

Bibliografie:

1. <http://www.umfcv.ro/files/l/a/LaboratorFizica.pdf>
2. G. Cone, Ghe. Stanciu și Șt. Tudorache, Probleme de fizică, Editura Academiei, 1986