

Oreka-tenperatura, t : ezezaguna.

$$Q_a = Q_b$$

$$c_a m_a (t_a - t) = c_b m_b (t - t_b)$$

$$c_a m (t_a - t) = c_b m (t - t_b)$$

Hortik:

$$t = \frac{c_a t_a + c_b t_b}{c_a + c_b} = \frac{1965 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \cancel{\text{°C}}^{-1} \cdot 60 \cancel{\text{°C}} + 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \cancel{\text{°C}}^{-1} \cdot 30 \cancel{\text{°C}}}{1965 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} + 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}} = 39,6 \text{ °C}$$

5. Datuak:

<u>Substantzia</u>	<u>Ura</u>
$c_a = ?$	$c_b = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$
$t_a = 25 \text{ °C}$	$t_b = 10 \text{ °C}$
$m_a = 0,5 \text{ kg}$	$m_b = 1 \text{ kg}$

Oreka termikoa $t = 11 \text{ °C}$.

$$Q_a = Q_b$$

$$c_a m_a (t_a - t) = c_b m_b (t - t_b)$$

Hortik:

$$c_a = \frac{c_b m_b (t - t_b)}{m_a (t_a - t)}$$

$$= \frac{4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 1 \text{ kg} (11 \text{ °C} - 10 \text{ °C})}{0,5 \text{ kg} \cdot (25 \text{ °C} - 11 \text{ °C})}$$

$$= 597,1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} = 597,1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

6. Datuak:

<u>Metala</u>	<u>Ura</u>
$c_a = 460 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$	$c_b = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$
$t_a = 800 \text{ °C}$	$t_b = 15 \text{ °C}$
$m_a = 0,2 \text{ kg}$	$m_b = ?$

Oreka $t = 80 \text{ °C}$.

$$Q_a = Q_b$$

$$c_a m_a (t_a - t) = c_b m_b (t - t_b)$$

Hortik:

$$m_b = \frac{c_a m_a (t_a - t)}{c_b (t - t_b)}$$

$$= \frac{460 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot (800 \text{ °C} - 80 \text{ °C})}{4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot (80 \text{ °C} - 15 \text{ °C})}$$

$$= 0,244 \text{ kg} = 244 \text{ g}$$

7. Datuak:

<u>Materiala</u>	<u>Ura</u>
$c_a = 657,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$	$c_b = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$
$t_a = 100 \text{ °C}$	$t_b = 18 \text{ °C}$
$m_a = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$	$m_b = ?$

Oreka $t = 20,5 \text{ °C}$.

a)

$$Q_a = Q_b$$

$$c_a m_a (t_a - t) = c_b m_b (t - t_b)$$

Hortik:

$$m_b = \frac{c_a m_a (t_a - t)}{c_b (t - t_b)}$$

$$= \frac{657,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (100 \text{ °C} - 20,5 \text{ °C})}{4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot (20,5 \text{ °C} - 18 \text{ °C})}$$

$$= 0,5 \text{ kg} = 500 \text{ g}$$

b)

$$Q = c_a m_a (t - t_a) =$$

$$= 657,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (20,5 \text{ °C} - 100 \text{ °C}) =$$

$$= -5224,7 \text{ J}$$

5224,7 J eman ditu.

8. Datuak:

<u>Ura</u>	<u>Izotza</u>
$c_a = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$	$c_b = 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$
$t_a = 80 \text{ °C}$	$t_b = -20 \text{ °C}$
$m_a = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$	$m_b = 3 \text{ g} = 0,003 \text{ kg}$
	$L_F = 333500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Oreka-tenperatura, t , ezezaguna.

c (ur likidoa) $= 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$

80 °C-tik t °C-ra hozteko, urak emandako beroa:

$$Q_1 = c_a m_a \Delta t =$$

$$= 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (80 \text{ °C} - t) =$$

$$= 33440 \text{ J} - 418 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot t$$

-20 °C-tik 0 °C-ra berotzeko, izotzak xurgaturiko beroa:

$$Q_2 = c_b m_b \Delta t =$$

$$= 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 0,003 \text{ kg} \cdot (0 \text{ °C} - (-20 \text{ °C})) =$$

$$= 125,4 \text{ J}$$

0 °C-an urtzeko, izotzak xurgaturiko beroa:

$$Q_3 = m_b L_F = 0,003 \text{ kg} \cdot 333500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 1000,5 \text{ J}$$

0 °C-tik t °C-ra berotzeko, ur likidoak xurgaturiko beroa:

$$Q_4 = c m_b \Delta t =$$

$$= 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot 0,003 \text{ kg} \cdot (t \text{ °C} - 0 \text{ °C}) =$$

$$= 12,54 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot t$$

Oreka termikora iristeko emandako beroak eta xurgaturiko beroak berdinak izan behar dute.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$33\,440 - 418 t = 125,4 + 1\,000,5 + 12,54 t$$

Hortik, $t = 75,1 \text{ }^\circ\text{C}$

9. Datuak:

<u>Ura</u>	<u>Izotza</u>
$c_a = 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$	$c_b = 2\,090 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$
$t_a = 80 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_b = -10 \text{ }^\circ\text{C}$
$m_a = 300 \text{ g} = 0,3 \text{ kg}$	$m_b = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$
	$L_F = 333\,500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

Oreka-tenperatura, t : ezezaguna.

c (ur likidoa) = $4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$80 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $t \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hozteko, urak emandako beroa:

$$Q_1 = c_a m_a \Delta t =$$

$$= 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,3 \text{ kg} \cdot (80 \text{ }^\circ\text{C} - t) =$$

$$= 100\,320 \text{ J} - 1\,254 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot t$$

$-10 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra berotzeko, izotzak xurgaturiko beroa:

$$Q_2 = c_b m_b \Delta t =$$

$$= 2\,090 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,05 \text{ kg} \cdot (0 \text{ }^\circ\text{C} - (-10 \text{ }^\circ\text{C})) =$$

$$= 1\,045 \text{ J}$$

$0 \text{ }^\circ\text{C}$ -an urtzeko, izotzak xurgaturiko beroa:

$$Q_3 = m_b L_F = 0,05 \text{ kg} \cdot 333\,500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1} = 16\,675 \text{ J}$$

$0 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $t \text{ }^\circ\text{C}$ -ra berotzeko, ur likidoak xurgaturiko beroa:

$$Q_4 = c m_b \Delta t (t - 0 \text{ }^\circ\text{C}) =$$

$$= 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,05 \text{ kg} \cdot (t \text{ }^\circ\text{C} - 0 \text{ }^\circ\text{C}) =$$

$$= 209 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot t$$

Oreka termikora iristeko emandako beroak eta xurgaturiko beroak berdinak izan behar dute.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$100\,320 - 1\,254 t = 1\,045 + 16\,675 + 209 t$$

Hortik, $t = 56,5 \text{ }^\circ\text{C}$

10. Datuak:

<u>Ur-lurruna</u>	<u>Ur likidoa</u>
$c_a = 2\,010 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$	$c_b = 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$
$m_a = 5 \text{ g} = 0,005 \text{ kg}$	$m_b = 80 \text{ g} = 0,08 \text{ kg}$
$t_a = 120 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_b = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
$L_V = 2\,257\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$	

Oreka-tenperatura, t : ezezaguna.

c (ur likidoa) = $4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$120 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hozteko, ur-lurrunak emandako beroa:

$$Q_1 = c_a m_a \Delta t =$$

$$= 2\,010 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,005 \text{ kg} \cdot (120 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}) =$$

$$= 201 \text{ J}$$

$100 \text{ }^\circ\text{C}$ -an urtzeko, ur-lurrunak emandako beroa:

$$Q_2 = m_a L_V =$$

$$= 0,005 \text{ kg} \cdot 2\,257\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1} = 11\,285 \text{ J}$$

$100 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $t \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hozteko, ur likidoak emandako beroa:

$$Q_3 = c m_a \Delta t =$$

$$= 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,005 \text{ kg} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - t) =$$

$$= 2090 \text{ J} - 20,9 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot t$$

$40 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $t \text{ }^\circ\text{C}$ -ra berotzeko, ur likidoak xurgaturiko beroa:

$$Q_4 = c_b m_b \Delta t =$$

$$= 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,08 \text{ kg} \cdot (t \text{ }^\circ\text{C} - 40 \text{ }^\circ\text{C}) =$$

$$= 334,4 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot t - 13\,376 \text{ J}$$

Oreka termikora iristeko emandako beroak eta xurgaturiko beroak berdinak izan behar dute.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4$$

$$201 + 11\,285 + 2\,090 - 20,9 t = 334,4 t - 13\,376$$

Hortik, $t = 75,9 \text{ }^\circ\text{C}$

11. Datuak:

<u>Ur-lurruna</u>	<u>Izotza</u>
$c_a = 2\,010 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$	$c_b = 2\,090 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$
$m_a = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$	$m_b = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$
$t_a = 110 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_b = -10 \text{ }^\circ\text{C}$
$L_V = 2\,257\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$	$L_F = 333\,500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

Oreka-tenperatura, t : ezezaguna.

c (ur likidoa) = $4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$110 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hozteko, ur-lurrunak emandako beroa:

$$Q_1 = c_a m_a \Delta t =$$

$$= 2\,010 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (110 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}) =$$

$$= 2\,010 \text{ J}$$

$100 \text{ }^\circ\text{C}$ -an urtzeko, ur-lurrunak emandako beroa:

$$Q_2 = m_a L_V = 0,1 \text{ kg} \cdot 2\,257\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1} = 225\,700 \text{ J}$$

$100 \text{ }^\circ\text{C}$ -tik $t \text{ }^\circ\text{C}$ -ra hozteko, ur likidoak emaniko beroa:

$$Q_3 = c m_a \Delta t =$$

$$= 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - t) =$$

$$= 41800 \text{ J} - 418 \text{ J}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \cdot t$$

-10 °C-tik 0 °C-ra berotzeko, izotzak xurgaturiko be-
roa:

$$Q_4 = c_b m_b \Delta t =$$

$$= 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot (0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) =$$

$$= 10450 \text{ J}$$

0 °C-an urtzeko, izotzak xurgaturiko beroa:

$$Q_5 = m_b L_F = 0,5 \text{ kg} \cdot 333500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} = 166750 \text{ J}$$

0 °C-tik $t^\circ\text{C}$ -ra berotzeko, ur likidoak xurgaturiko be-
roa:

$$Q_6 = c m_b \Delta t =$$

$$= 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot (t^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) =$$

$$= 2090 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot t$$

Oreka termikora iristeko emandako beroak eta xur-
gaturiko beroak berdinak izan behar dute.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$2010 + 225700 + 41800 - 418t = 10450$$

$$+ 166750 + 2090t$$

Hortik, $t = 36,8^\circ\text{C}$

ARIKETAK ETA PROBLEMAK

1. Ura eta airea oreka termikora iritsiko dira denbora-
tarte bat pasatu ondoren. Airearen masa urarena bai-
no askoz handiagoa denez, airearen tenperatura ez da
nabarmen aldatuko, eta urarenak, berriz, behera
egingo du.

$$m_{\text{airea}} \gg m_{\text{ura}}$$

$$c_{\text{ura}} m_{\text{ura}} (t_{\text{ura}} - t) = c_{\text{airea}} m_{\text{airea}} (t - t_{\text{airea}})$$

$$\frac{c_{\text{ura}} m_{\text{ura}}}{c_{\text{airea}} m_{\text{airea}}} (t_{\text{ura}} - t) = t - t_{\text{airea}}$$

$$\frac{m_{\text{ura}}}{m_{\text{airea}}} \approx 0$$

Beraz:

$$0 = t - t_{\text{airea}} \quad \text{alegia} \quad t = t_{\text{airea}}$$

Ikuspegi molekularretik, ur molekulen batez besteko
energia zinetikoa txikitu egiten da, eta aireko mole-
kulen agitazio termikoa, handitu, baina ez modu na-
barmenean.

2. — Gezurra.
— Egia.
— Gezurra.

3. Datuak: $t_c = 80^\circ\text{C}$

$$T = t_c + 273 = 80 + 273 = 353 \text{ K}$$

$$\frac{t_c}{5} = \frac{t_F - 32}{9}$$

$$t_F = \frac{9}{5} t_c + 32 = \frac{9}{5} \cdot 80 + 32 = 176^\circ\text{F}$$

4. Datuak: $T = 63 \text{ K}$

$$T = t_c + 273$$

$$t_c = T - 273 = 63 - 273 = -210^\circ\text{C}$$

$$\frac{t_c}{5} = \frac{t_F - 32}{9}$$

$$t_F = \frac{9}{5} t_c + 32 = \frac{9}{5} (-210) + 32 = -346^\circ\text{F}$$

5. Datuak: $m = 0,300 \text{ kg}$; $t_0 = 40^\circ\text{C}$

$$t = 60^\circ\text{C} ; Q = 2299 \text{ J}$$

$$Q = c m (t - t_0)$$

$$c = \frac{Q}{m (t - t_0)} = \frac{2299 \text{ J}}{0,300 \text{ kg} \cdot (60^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})} =$$

$$= 383,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 383,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

6. Datuak: 500 L ur = 500 kg ur

$$c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$t_0 = 18^\circ\text{C} ; t = 90^\circ\text{C}$$

$$Q = c m \Delta t = c m (t - t_0) =$$

$$= 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 500 \text{ kg} \cdot (90^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) =$$

$$= 1,5 \cdot 10^8 \text{ J}$$

7. Datuak: $m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$; $Q = 20900 \text{ J}$

$$c = 459,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} ; t = 280^\circ\text{C}$$

$$Q = c m (t - t_0)$$

$$t_0 = t - \frac{Q}{c m} =$$

$$= 280^\circ\text{C} - \frac{20900 \text{ J}}{459,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,2 \text{ kg}} = 52,7^\circ\text{C}$$

8. Datuak:

<u>Metala</u>	<u>Ura</u>
$c_a = 460 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	$c_b = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
$m_a = 5 \text{ kg}$	$m_b = ?$
$t_a = 1200^\circ\text{C}$	$t_b = 10^\circ\text{C}$

Oreka termikoan, $t = 40^\circ\text{C}$

$$Q_a = Q_b$$

$$c_a m_a (t_a - t) = c_b m_b (t - t_b)$$

$$m_b = \frac{c_a m_a (t_a - t)}{c_b (t - t_b)} =$$

$$= \frac{460 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 5 \text{ kg} (1200^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})}{4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} (40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})} =$$

$$= 21,3 \text{ kg}$$

9. Datuak:

<u>Metala</u>	<u>Ura</u>
$c_a = 878 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	$c_b = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
$m_a = 0,080 \text{ kg}$	$m_b = 0,250 \text{ kg}$
$t_a = 100 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_b = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Oreka-tenperatura, t : ezezaguna.

$$Q_a = Q_b$$

$$c_a m_a (t_a - t) = c_b m_b (t - t_b)$$

Hortik:

$$t = \frac{c_a m_a t_a + c_b m_b t_b}{c_a m_a + c_b m_b} = \frac{878 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} \cdot \cancel{^\circ\text{C}^{-1}} \cdot 0,080 \cancel{\text{ kg}} \cdot 100 \cancel{^\circ\text{C}} + 4180 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} \cdot \cancel{^\circ\text{C}^{-1}} \cdot 0,250 \cancel{\text{ kg}} \cdot 15 \cancel{^\circ\text{C}}}{878 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} \cdot \cancel{^\circ\text{C}^{-1}} \cdot 0,080 \cancel{\text{ kg}} + 4180 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} \cdot \cancel{^\circ\text{C}^{-1}} \cdot 0,250 \cancel{\text{ kg}}} = 20,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

10. Datuak: 3 L ur = 3 kg ur, $m_1 = 3 \text{ kg}$ ur

$$c_1 = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (ur likidoa)}$$

$$c_2 = 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (izotza)}$$

$$L_V = 2257000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$L_F = 333500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$t = 120 \text{ }^\circ\text{C} ; t_0 = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 20 \text{ g ur-lurrun} = 0,020 \text{ kg ur-lurrun}$$

$$t'_0 = 100 \text{ }^\circ\text{C}; t' = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c \text{ (ur likidoa)} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

— Ur likidoa 24 °C-tik 100 °C-ra berotzeko behar den beroa:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_0) = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 3 \text{ kg} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 953040 \text{ J}$$

Urak irakiteko behar den beroa:

$$Q_2 = m_1 L_V = 3 \cancel{\text{ kg}} \cdot 2257000 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} = 6771000 \text{ J}$$

Ur-lurruna 100 °C-tik 120 °C-ra berotzeko behar den beroa:

$$Q_3 = c_1 m_1 (t - t_0) = 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 3 \text{ kg} \cdot (120 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}) = 120600 \text{ J}$$

Bero totala:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 953040 \text{ J} + 6771000 \text{ J} + 120600 \text{ J} = 7844640 \text{ J}$$

Guztira, 7844640 J xurgatu dira.

— Ur-lurruna urtzean trukatu den beroa:

$$Q_1 = m_2 L_V = 0,020 \cancel{\text{ kg}} \cdot 2257000 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} = 45140 \text{ J}$$

100°C-tik 0° C-ra pasatzean ur likidoak emandako beroa:

$$Q_2 = c m_2 (t'_0 - 0^\circ\text{C}) = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,020 \text{ kg} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - 0 \text{ }^\circ\text{C}) = 8360 \text{ J}$$

Ura solidotzean trukaturiko beroa:

$$Q_3 = m_2 L_F = 0,020 \cancel{\text{ kg}} \cdot 333500 \text{ J} \cdot \cancel{\text{kg}^{-1}} = 6670 \text{ J}$$

0 °C-tik -10 °C-ra pasatzean izotzak emandako beroa:

$$Q_4 = c_2 m_2 (0^\circ\text{C} - t') = 2090 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,020 \text{ kg} \cdot (0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) = 418 \text{ J}$$

Bero totala:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 45140 \text{ J} + 8360 \text{ J} + 6670 \text{ J} + 418 \text{ J} = 60588 \text{ J}$$

Guztira, 60588 J eman dira.

11. Datuak: 100 L ur = 100 kg ur

<u>Ur likidoa</u>	<u>Ur-lurruna</u>
$m_a = 100 \text{ kg}$	$m_b = ?$
$c_a = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	$t_b = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
$t_a = 17 \text{ }^\circ\text{C}$	$L_V = 2257000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Orekan, $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$c \text{ (ur likidoa)} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

17 °C-tik 40 °C-ra pasatzeko ur likidoak xurgaturiko beroa:

$$Q_1 = c_a m_a (t - t_a) = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100 \text{ kg} \cdot (40 \text{ }^\circ\text{C} - 17 \text{ }^\circ\text{C}) = 9614000 \text{ J}$$

100 °C-an urtzean ur-lurrunak emandako beroa:

$$Q_2 = m_b L_V = 2257000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot m_b$$

100 °C-tik 40 °C-ra hoztean ur likidoak emandako beroa:

$$\begin{aligned} Q_3 &= c m_b (t_b - t) = \\ &= 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (100 ^\circ\text{C} - 40 ^\circ\text{C}) m_b = \\ &= 250800 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot m_b \end{aligned}$$

Oreka termikora iristeko emandako beroak eta xurgaturiko beroak berdinak izan behar dute.

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 + Q_3 \\ 9614000 &= 2257000 m_b + 250800 m_b \end{aligned}$$

Hortik: $m_b = 3,8 \text{ kg}$.

12. Datuak: $l_0 = 1 \text{ m}$; $\Delta l = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$

$$\Delta t = 60 ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} = \\ &= \frac{1}{1 \text{ m}} \cdot \frac{0,002 \text{ m}}{60 ^\circ\text{C}} = 3,3 \cdot 10^{-5} ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

13. Datuak: $m = 170 \text{ g} = 0,17 \text{ kg}$; $Q = 4233 \text{ J}$

$$\begin{aligned} l_0 &= 20 \text{ cm} ; c = 498 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \\ &= 498 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

$$t_0 = 25 ^\circ\text{C} ; \lambda = 3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} = 3 \cdot 10^{-5} ^\circ\text{C}^{-1}$$

Lehenik, amaierako tenperatura kalkulatu dugu:

$$\begin{aligned} Q &= c m \Delta t = c m (t - t_0) \\ t &= t_0 + \frac{Q}{c m} = \\ &= 25 ^\circ\text{C} + \frac{4233 \text{ J}}{498 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0,17 \text{ kg}} = 75 ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Ondoren, amaierako luzera kalkulatu dugu:

$$\begin{aligned} \Delta t &= 75 ^\circ\text{C} - 25 ^\circ\text{C} = 50 ^\circ\text{C} \\ l &= l_0 (1 + \lambda \Delta t) = \\ &= 20 \text{ cm} (1 + 3 \cdot 10^{-5} ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 50 ^\circ\text{C}) = 20,03 \text{ cm} \end{aligned}$$

14. Datuak: $V_0 = 500 \text{ cm}^3$; $t_0 = 25 ^\circ\text{C}$; $t = 60 ^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \Delta t &= t - t_0 = 60 ^\circ\text{C} - 25 ^\circ\text{C} = 35 ^\circ\text{C} \\ V &= V_0 (1 + \alpha \Delta t) = \\ &= 500 \text{ cm}^3 \left(1 + \frac{1}{273} ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 35 ^\circ\text{C} \right) = 564,1 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

15. Datuak: $r = 0,7$ (% 70) ; $|Q_1| = 15000 \text{ J}$

$$a) r = \frac{|W|}{|Q_1|}$$

$$|W| = r |Q_1| = 0,7 \cdot 15000 \text{ J} = 10500 \text{ J}$$

Sistemak egindako lana denez, negatiboa izango da, $W = -10500 \text{ J}$

$$b) |W| = |Q_1| - |Q_2|$$

$$|Q_2| = |Q_1| - |W| = 15000 - 10500 = 4500 \text{ J}$$

Sistemak emandako beroa denez, negatiboa izango da, $Q_2 = -4500 \text{ J}$

16. a) Oreka-tenperatura kalkulatzeko formula erraz on-doriozta daiteke oreka termikoaren ekuaziotik:

$$c_a m_a (t_a - t) = c_h m_h (t - t_h)$$

t bakanduz, honako hau lortuko dugu:

$$t = \frac{c_h m_h t_h + c_a m_a t_a}{c_h m_h + c_a m_a}$$

Sartuko dugu informazioa, adibidez, irizpide honi jarraituz:

B1 gelaxka: m_a

B2 gelaxka: m_h

B3 gelaxka: c_a

B4 gelaxka: c_h

B5 gelaxka: t_a

B6 gelaxka: t_h

Oreka-tenperatura formula hau aplikatuz kalkulatu dugu:

$$= (B2 \cdot B4 \cdot B6 + B1 \cdot B3 \cdot B5) / (B1 \cdot B3 + B2 \cdot B4)$$