

Primer 1: Pretvorba gramov v ponde pretvori 10 gramov v ponde.

Iz priročnika poiščemo **pretvornik** za pound (libre): $1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg}$

in upoštevamo $1000 \text{ g} = 1 \text{ kg}$.

Torej: $10 \text{ g} = 10 \text{ g} \times (1 \text{ kg}/1000\text{g}) \times (1 \text{ lb}/0.4536 \text{ kg}) = 2.2 \times 10^{-2} \text{ lb}$

$$\underline{10 \text{ g} = 2.2 \times 10^{-2} \text{ lb}}$$

Primer 2. Hitrost pretoka mleka v cevi.

Mleko se pretaka po cevi premera 1.8 cm. Kalibrirana naprava za merjenje volumna podaja volumen v kubičnih feet-ih, in sicer v 1 h se napolni z 12.4 ft^3 .

Kakšna je hitrost strujanja mleka v m/s?

$v = L/t$ in $L = V(\text{volumen}) / A$ (presek cevi); torej $v = V/(A \times t)$

Iz priročnika poiščemo **pretvornik** za feet³: $1 \text{ ft}^3 = 0.0283 \text{ m}^3$

Merimo $V/t = 12.4 \text{ ft}^3/\text{h} =$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.018^2 \text{ m}^2}{4} = 2.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

in

$$v = \frac{V}{t \times A} = \frac{9.75 \times 10^{-5} \text{ m}^3}{\text{s} \times 2.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0.38 \text{ m/s}$$

Primer 3: Pretvorba viskoznosti iz anglosaksonskih v SI enote:

Viskoznost vode pri 60°F je 7.8×10^{-4} lb/ft.s

V SI enotah je viskoznost definirana v Pa.s ; $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ in $\text{N} = (\text{kg} \times \text{m})/\text{s}$

Iz priročnika poiščemo faktorje pretvorbe in jih uporabimo:

$$1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

Pretvorba °F (Fahrenheit) v °C (Celsius) oziroma K (Kelvin)

Ledišče vode: 32°F

Vrelišče vode: 212°F

vrelišče – ledišče: 100°C = 180 °F

Pretvorba °F (Fahrenheit) v °C (Celsius) oziroma K (Kelvin)

$$^{\circ}\text{F} = \frac{100}{180} ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} ^{\circ}\text{C} \quad \text{Temperatura} = 60^{\circ}\text{F} = 15.5 ^{\circ}\text{C}$$

$$X^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}(X - 32)^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(X - 32)^{\circ}\text{C} + 273.15\text{K}$$

Primer 4: toplotna prevodnost aluminija je 120 Btu / ft h °F

Pretvorite v SI enote.

Toplotno prevodnost v SI enotah podajamo v :W/ m K; W = J/s

Iz priročnika : 1 Btu (British thermal unit) = 1055J

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 0.3048 \text{ m} \\ 120 \text{ Btu/ft.h.}^\circ\text{F} &= \frac{120 \text{ Btu} \times 1055 \text{ J} \times \text{ft}}{\text{Btu} \times \text{ft} \times 0.3048 \text{ m} \times \text{h} \times ^\circ\text{F}} = 415354 \text{ J/m.h.}^\circ\text{F} \\ &= \frac{415354 \text{ J} \times \text{h} \times ^\circ\text{F}}{\text{m} \times \text{h} \times ^\circ\text{F} \times 3600 \text{ s} \times \frac{5}{9} \text{ K}} = 208 \text{ J/s.m.K} = 208 \text{ W/m.K} \end{aligned}$$

Primer 2: Vodna raztopina soli (NaCl) pripravimo iz 20 kg soli in 100 vode. Gostota te raztopine je 1323 kg/m³. Izračunaj (a) utežni delež, (b) maso/volumen (c) molski delež in (d) molsko koncentracijo.

(a) utežni delež: $m_i/\Sigma m_i = \frac{20}{100+20} = 0.167$

(b) masa/volumen: 1m³ raztopine ... 1323 kg; torej 0.167 x 1323 kg = 220.5 kg soli/m³

(c) molski delež: $n_i/\Sigma n_i = 0.34/(0.34+5.56) = 0.058$

$$n_{\text{voda}} = m/M = 100/18 = 5.56$$

$$n_{\text{sol}} = m/M = 20/58.6 = 0.34$$

(d) molska koncentracija: $\frac{220.5 \text{ kg/m}^3}{58.5 \text{ kg/k mol}} = 3.77 \text{ k mol/m}^3 = \underline{3.77 \text{ mol/L}}$

Pri preračunu koncentracij plinskih mešanic je treba upoštevati splošni plinski zakon :

$$pV = nRT$$

R... splošna plinska konstanta = 8.314 J/mol K oz. 0.0826 L atm / mol K

Primer 3 sestava zraka: ob poenostavitvi, da se zrak sestoji iz 77 ut% N₂ in 23 ut% O₂

Izračunaj:

(a) Povprečno molsko maso zraka : $n = \frac{m}{M} \Rightarrow M = \frac{m}{n}$

$$\text{lahko tudi } M_{\text{zrak}} = m/n = 100\text{g}/3.46 \text{ mol} = \underline{28.8 \text{ g/mol}} \quad m = (77+23)\text{g}$$

$$n_{\text{N}_2} = 77/28 = 2.75 \text{ mol} \quad \text{in} \quad n_{\text{O}_2} = 23/32 = 0.72 \text{ mol} \quad n = 2.75 + 0.72 = 3.47 \text{ mol}$$

(b) molski delež kisika: $x_i = n_i / \sum n_i$

$$x_{\text{O}_2} = \frac{0.72}{2.75 + 0.72} = \underline{0.21}$$

(c) Koncentracijo kisika v **mol/m³ in kg/m³** pri 1.5 atm in 25°C

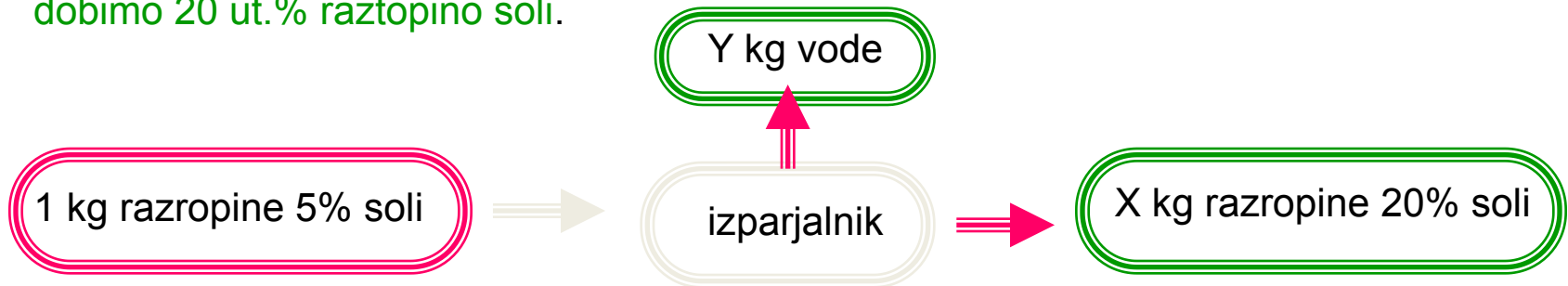
$$n_{\text{zrak}} = pV/RT = 1.5 \text{ atm} \times 1\text{m}^3 \times 10^3 \text{ L/m}^3 / (0.0826 \text{ L}^3 \text{ atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 298\text{K}) = 61 \text{ k mol}$$

$$m_{\text{zrak}} = n_{\text{zrak}} \times M_{\text{zrak}} = 61 \text{ mol} \times 28.8 \text{ kg/kmol} = 1.76 \text{ kg}$$

$$m_{\text{O}_2} = 0.23 \text{ ut\%} \times 1.76 \text{ kg} = 0.4 \text{ kg sledi koncentracija O}_2 = \underline{0.4 \text{ kgO}_2/\text{m}^3\text{zraka}}$$

$$n_{\text{O}_2} = 0.4 \text{ kg} / 32 \text{ kg/k mol} = 0.013 \text{ sledi koncentracija O}_2 = \underline{13 \text{ mol O}_2/\text{m}^3 \text{ zraka}}$$

Primer 4: Koliko vode na uro je potrebno kontinuirno izpariti iz raztopine z 5ut.% soli, da dobimo 20 ut.% raztopino soli.

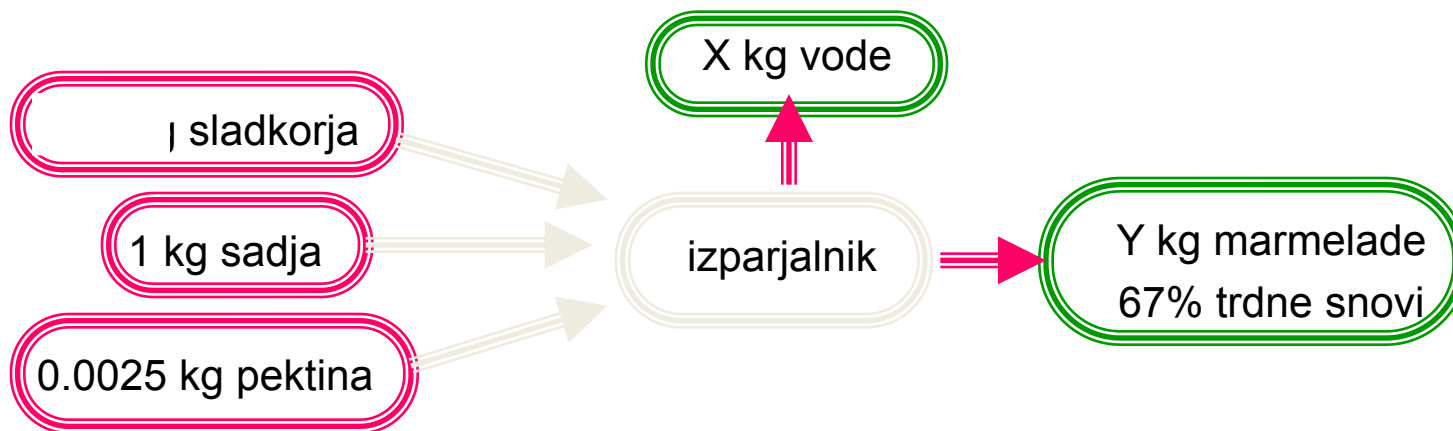


Masna bilanca za celotno snov: $1 \text{ kg} = X + Y$

Masna bilanca za sol: $0.05 \times 1 \text{ kg} = 0.2 \times X \text{ kg} + 0 \times Y \text{ kg}$

V eni uri dobimo: $X = 0.25 \text{ kg}$ 20% raztopine in $Y = 0.75 \text{ kg}$ vode

Primer 5: Pri izdelavi marmelade se zdrobljeno sadje pomeša z zadostno količino sladkorja, da dobimo 45 ut. delov sadja in 55 ut. delov sladkorja. Poleg tega se doda še 250g pektina /100 kg sadja. Mešanico se izpareva toliko časa, da se dobi v marmeladi 67ut.% topnih trdnih snovi. Koliko marmelade dobimo iz sadja, ki vsebuje 14 ut.% topnih trdnih snovi.



Rešitev mora biti izražena s kg marmelade, zato kot osnovo vzamemo 1 kg sadja

45 delov sadja : 55 delov sladkorja... za 1 kg sadja = $55/45 = 1.22$ kg sladkorja.

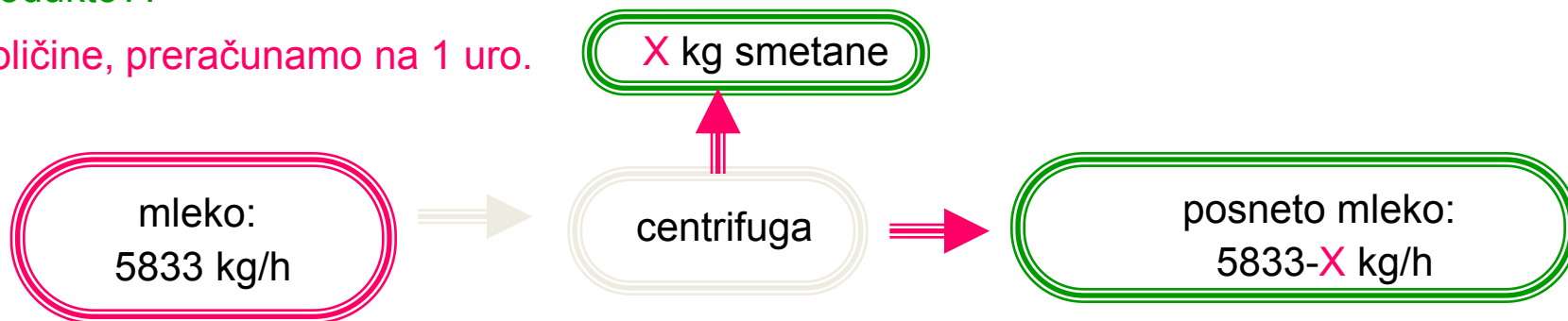
Masna bilanca za celotno snov: $1.22 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = X + Y$ (pektin zanemarimo)

Masna bilanca za trdno snov: $0.14 \text{ kg} + 1.22 \text{ kg} = 0.67 \times Y \text{ kg} + 0 \times X \text{ kg}$

Na 1 kg sadja dobimo: $Y = 2.03$ kg marmelade in $X = 0.19$ kg vode, ki jo izparimo

Preimer 6: Separacija mleka v posneto mleko in smetano s kontinuirnim procesom centrifugiranja. V 6 urah 35000 kg mleka, ki vsebuje 4 ut.% maščob ločimo na posneto mleko z 0.45 ut% maščobe in smetano (45 ut% maščobe). Kakšni so pretoki izstopnih produktov?

Količine, preračunamo na 1 uro.



Vstop:

Celokupna masa: $35000/6 = 5833$ kg

Celokupna maščoba: $5833 \times 0.04 = 233$ kg

Ostale komponente: $5833 - 233 = 5600$ kg

Masna bilanca za maščobo:

$$m_{\text{maščoba vstop}} = m_{\text{maščoba izstop}}$$

$$5833 \times 0.04 = X \times 0.45 + (5833 - X) \times 0.0045$$

$$X = 465 \text{ kg}$$

Izstop:

Smetana : X

Maščoba v smetani: $X \times 0.45$

Posneto mleko: $5833 - X$

Maščoba v posnetem mleku: $(5833 - X) \times 0.0045$

Primer 7: mešanje sesekljanega mesa. V proizvodnji sesekljanega mesa pripravljajo zmes, ki vsebuje 15% maščobe. Kot surovino uporabljajo goveje kravje meso z 23 ut% maščobe in bikovo meso z 5 ut% maščobe. Kakšno mora biti razmerje surovin?

Celokupna masna bilanca: $A+B = C$

Komponentna masna bilanca: $aA + bB = cC$

Vstopni komponenti: A: kravje meso $a = 0.23$ in B: bikovo meso $b = 0.05$

$$A+B = 100 \text{ kg}$$

$$aA + b(100 - A) = 100c$$

$$0.23A \text{ kg} + 0.05(100-A) = 100 \times 0.15$$

Izračunamo $A = 55.6 \text{ kg}$ in $B = 100 - 55.6 = 44.4 \text{ kg}$

Primer 8: Za pripravo paradižnikovega koncentrata paradižniku odparimo vodo. Vstopna surovina vsebuje 14 ut.% trdne snovi, koncentrat pa 93% trdne snovi. Kakšen je dobitek produkta iz 1000 kg surovega paradižnika, če privzamemo, da se 8 ut% surovega paradižnika izgubi pri luščenju.

Vstopa: surovina paradižnik

z 14 ut% trdnega:

1000 kg = 140 kg trd. + 860kg vode

luščenje paradižnika

8 ut% odpadka

80 kg odpadka =

69 kg vode + 11 kg trd.

Očiščen paradižnik: 920 kg

14 ut% trdnega

129 kg trdnega + 791 vode

izparela voda

791 - 10 kg = 781 kg

Odparevanje vode

Produkt:

93 ut% trdnega

7ut% vode

$129 / 0.93 = 139$ kg

129 trdno + 10 kg vode

Masa ki vstopa: 140 kg trd + 860 vode = 1000 kg

Masa ki izstopa:

Oluščeno: 80 kg = 69 kg vode + 11 kg trdno

Koncentrat: 139kg = 10 kg vode + 129 trdno

Izparela voda: 781 kg

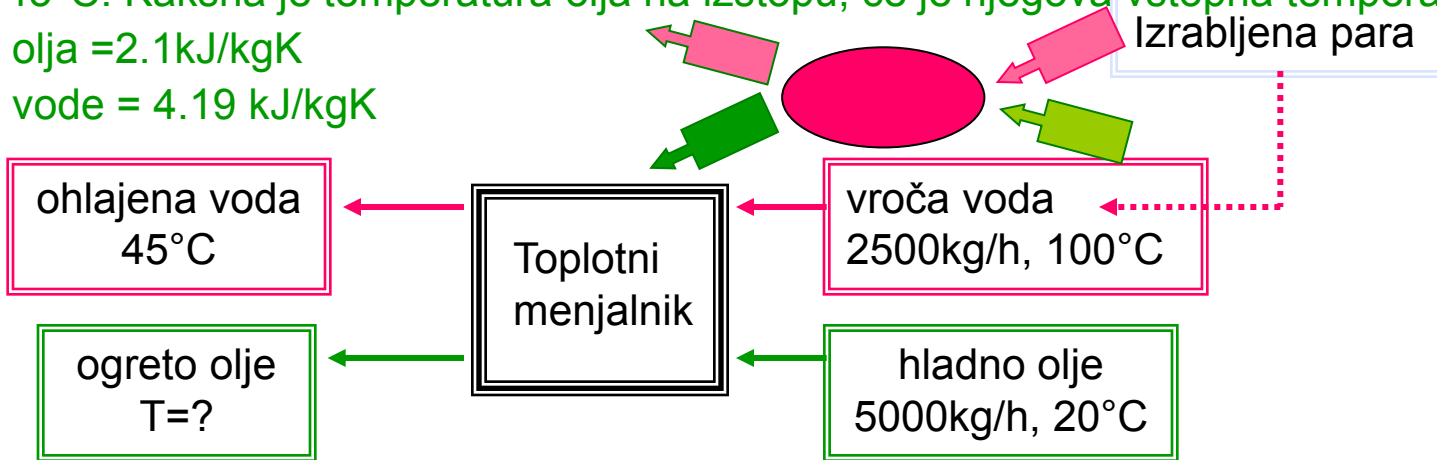
Voda ki izstopa: 781 kg + 69 kg + 10 kg = 860 kg

Trdno ki izstopa: 129 kg + 11kg = 140 kg

Dobitek: $139 \text{ kg} / 1000 \text{ kg} = 0.14 = 14\%$

Primer 9: V tovarni se surovo rastlinsko olje predgreje v protitočnem cevnem toplotnem menjalniku. Masni pretok olja je 5000 kg/h. Ogrevalni medij je vroča voda, ki jo dobimo iz izrabljene odpadne vodne pare iz kotlarne v tovarni. Masni pretok vroče vode skozi izmenjevalec je 2500 kg/h. Vroča voda vstopa v sistem pri 100 °C in se me procesom ohladi na 45°C. Kakšna je temperatura olja na izstopu, če je njegova vstopna temperatura 20°C

C_p olja = 2.1 kJ/kgK
 C_p vode = 4.19 kJ/kgK



V sistemu ni pretvorbe ene oblike energije v drugo, edina oblika energije je toplota oz. entalpija. $\Delta H = m c_p \Delta T$ (J)

Zanima nas sprememba entalpije, zato lahko referenčno temperaturo izberemo poljubno. Najprimernejša temp. je 20°C, ker je najnižja. Surovo olje, ki vstopa s temperaturo 20°C smatramo, da je njegova entalpija enaka nič

Primer 9:

vstopne entalpije: $H = m c_p \Delta T$

voda (za 1 uro): $T = 100\text{ }^\circ\text{C}$ $H_1 = 2500\text{ kg} \times 4.19\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1} \times (100-20)\text{K} = 838000\text{ kJ}$

olja (za 1 uro): $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$ $H_1 = 5000\text{ kg} \times 2.1\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1} \times (20-20)\text{K} = 0$

Izstopne entalpije: $H = m c_p \Delta T$

voda (za 1 uro): $T = 100\text{ }^\circ\text{C}$ $H_1 = 2500\text{ kg} \times 4.19\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1} \times (45-20)\text{K} = 261875\text{ kJ}$

olja (za 1 uro): $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$ $H_1 = 5000\text{ kg} \times 2.1\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1} \times (T-20)\text{K} = \text{izr. iz energijske bilance}$

energijska bilanca: $\Delta H_{\text{vstop}} = \Delta H_{\text{izstop}}$

$$\text{VODA: } 838000\text{ J} - 261875\text{ J} = 576125\text{ J}$$

Vstop: $838000\text{ J} + 0\text{ J} = \text{izstop: } 261875\text{ J} + 10500\text{ J/K} \times (T-20) \Rightarrow \underline{T = 75\text{ }^\circ\text{C}}$

Krajši postopek: vstopna toplota = izstopni toploti

$$(m c_p \Delta T)_{\text{voda}} = (m c_p \Delta T)_{\text{olja}} \Rightarrow T_{\text{olja}} = \frac{(m \cdot c_p \cdot \Delta T)_{\text{voda}}}{(m \cdot c_p)_{\text{olja}}}$$

$$\Delta T_{\text{olja}} = (2500\text{ kg} \times 4.19\text{ kJ/kg K} \times 55\text{ K}) / (5000\text{kg} \times 2.1\text{ kJ/kg K})$$

$$\Delta T_{\text{olja}} = 55\text{ K} \Rightarrow \text{torej } \underline{T_{\text{olja}} = 75\text{ }^\circ\text{C}}$$

Primer 10: Toplotna bilanca pri sušenju kazeina - izračun učinkovitosti ogrevanja

Pri sušenju kazeina (fosforoprotein v mleku) uporabljamo za ogrevanje zemeljski plin. Sušilnik porabi $4\text{ m}^3/\text{h}$ zemeljskega plina s kalorično vrednostjo 800 kJ/mol (pri standardnih pogojih). V sušilnik vstopa kazein z $55\text{ ut.}\%$ vlage. V eni uri se med procesom osuši 60 kg vstopnega kazeina na $10\text{ ut.}\%$ vlage. Ocenite termično učinkovitost procesa, če predpostavimo, da gre le za izhlapevanje vode iz materiala.

Energijsko bilanco opredelimo z 1 uro proizvodnje

(a) **Koliko vode je treba odpariti:** celokupna voda: $m_v = 60\text{ kg} \times 0.55 = 33\text{ kg}$

$$\text{suhi kazein} \quad m = 60 - 33 = 27\text{ kg}$$

Kazein z 10% vlažnostjo: $27 \dots 90\%$; $\Rightarrow 30\text{ kg} = 100\%$ $\Rightarrow m$ vode ki ostane = 3 kg

$$m \text{ vode iz izparitev} = 33 - 3 = 30\text{ kg}$$

(b) **Potrebna energija :**

voda:

$$\Delta H \text{ izp za vodo pri } 100^\circ\text{C} = 2257\text{ kJ/kg} \Rightarrow E = 2257\text{ kJ/kg} \times 30\text{ kg} = \underline{6.77 \times 10^4\text{ kJ}}$$

(c) **Porabljena energija**

zemeljski plin: $4\text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow \Delta H = 800\text{ kJ/mol}$

koliko molov : standardni pogoji, idealen plin $T=0^\circ\text{C}$ $P= 1\text{ atm} = 1.013\text{ bar}$,

molski volumen: $22.4\text{ L} = 0.0224\text{ m}^3 \Rightarrow 4\text{ m}^3 \text{ plina} = 4\text{ m}^3 / 0.0224\text{ m}^3 = 178.6\text{ mol}$

$$E = 800\text{ kJ/mol} \times 178.6\text{ mol} = \underline{14.286 \times 10^4\text{ kJ}}$$

$$\underline{\text{Učinkovitost} = \text{potrebna toplota} / \text{porabljena toplota} = 6.77 \times 10^4\text{ kJ} / 14.286 \times 10^4\text{ kJ} = 0.48 = 48\%}$$

UNITS AND CONVERSION FACTORS

Length	1 inch	= 0.0254 m
	1 ft	= 0.3048 m
Area	1 ft ²	= 0.0929m ²
Volume	1 ft ³	= 0.0283 m ³
	1 gal Imp	= 0.004546 m ³
	1 gal US	= 0.003785 m ³ = 3.79 l
	1 litre	= 0.001 m ³
Mass	1 lb	= 0.4536 kg
	1 mole	molecular weight in kg
Density	1 lb/ft ³	= 16.01 kg m ⁻³
Velocity	1 ft/sec	= 0.3048 m s ⁻¹
Pressure	1 lb/m ²	= 6894 Pa
	1 torr	= 133.3 Pa
	1 atm	= 1.013 x 10 ⁵ Pa
		= 760 mm Hg
Force	1 Newton	= 1 kg m s ⁻²
Viscosity	1 cP	= 0.001 N s m ⁻² = 0.001 Pa s
	1 lb/ft sec	= 1.49 N s m ⁻² = 1.49 kg m ⁻¹ s ⁻²

UNITS AND CONVERSION FACTORS

Energy	1 Btu	= 1055 J
	1 cal	= 4.186 J
Power	1 kW	= 1 kJ s ⁻¹
	1 horsepower	= 745.7 W = 745.7 J s ⁻¹
	1 ton refrigeration	= 3.519 kW
Heat-transfer coefficient	1 Btu ft ⁻² h ⁻¹ °F ⁻¹	= 5.678 J m ⁻² s ⁻¹ °C
Thermal conductivity	1 Btu ft ⁻¹ h ⁻¹ °F ⁻¹	= 1.731 J m ⁻¹ s ⁻¹ °C ⁻¹
Constants	π	3.1416
	σ	$5.73 \times 10^{-8} \text{ J m}^{-2\text{s}^{-1}} \text{ K}^{-4}$
	e	2.7183
	R	8.314 kJ mole ⁻¹ K ⁻¹ or 0.08206 m ³ atm mole ⁻¹ K ⁻¹

(M) Mega = 10⁶,

(k) kilo = 10³,

(m) milli = 10⁻³,

(μ) micro = 10⁻⁶

Temperature unit (°F) = 5/9 (°C) = 5/9 (K)