

12-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
3-oji užduotis Nr. FT12-3 / 2018 08 13 – 2018 09 09

Sąlyga / FT12-3 ▼

Ledo išgarinimas

Elektriniu šildytuvu, kurio naudingumo koeficientas 90%, kaitinant 200 J/K šiluminės talpos indą su 6 kg masės -10°C temperatūros ledu, buvo sunaudota 3,3 kWh elektros energijos. Kiek vandens liko inde? Kiek dar kilovatvalandžių elektros energijos prireiktų ir kiek minučių dar ilgiau kaitinimas užtruktų, jei siektume išgarinti visą vandenį 3 kW galios šildytuvu? Ledo savitoji šiluma lygi 2,1 kJ/(kgK), o savitoji lydymosi šiluma – 0,33 MJ/kg. Vandens savitoji šiluma lygi 4,2 kJ/(kgK), o savitoji garavimo šiluma – 2,3 MJ/kg.

Užduotį parengė Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2018 08 13.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT12-3 ▼

Duota: $\eta = 90\% = 0,9$; $C = 200 \text{ J/K}$; $m = 6 \text{ kg}$; $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$; $W = 3,3 \text{ kWh} = 11,88 \cdot 10^6 \text{ J}$; $P = 3 \text{ kW} = 3 \cdot 10^3 \text{ W}$; $c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J/(kgK)}$; $\lambda = 0,33 \text{ MJ/kg} = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$; $c_2 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J/(kgK)}$; $r = 2,3 \text{ MJ/kg} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.

Rasti: m_1 ; ΔW ; τ .

Tegu yra išgarinama $m - m_1$ masė vandens, kai temperatūra $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$. Indo su ledu gautas šilumos kiekis indui sušildyti iki vandens virimo temperatūros, ledui sušildyti iki lydymosi temperatūros $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$, jam išlydyti bei gautam vandeniui sušildyti iki virimo ir daliai jo išgarinti:

$$Q = C(t_2 - t_1) + c_1 m(t_0 - t_1) + \lambda m + c_2 m(t_2 - t_0) + r(m - m_1).$$

Pagal naudingumo koeficiento apibrėžimą $Q = \eta W$, tai

$$m_1 = m \left\{ 1 + \frac{1}{r} \left[\frac{C}{m} (t_2 - t_1) + c_1 (t_0 - t_1) + \lambda + c_2 (t_2 - t_0) - \frac{\eta W}{m} \right] \right\};$$

$$m_1 = 6 \left\{ 1 + \frac{1}{2,3 \cdot 10^6} \left[\frac{200}{6} 110 + 2,1 \cdot 10^4 + 3,3 \cdot 10^5 + 4,2 \cdot 10^5 - \frac{0,9 \cdot 11,88 \cdot 10^6}{6} \right] \right\} \approx 3,37 \text{ (kg)}.$$

Papildomas šilumos kiekis likusiam vandeniui išgarinti $Q' = r m_1 = \eta \Delta W$, tai dar reiks elektros energijos:

$$\Delta W = \frac{r m_1}{\eta}; \Delta W = \frac{2,3 \cdot 10^6 \cdot 3,37}{0,9} \approx 8,61 \text{ (MJ)} \approx 2,4 \text{ (kWh)}.$$

Kadangi $\Delta W = P \tau$, tai papildomo kaitinimo trukmė:

$$\tau = \frac{\Delta W}{P}; \tau = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ (h)} = 48 \text{ (min)}.$$

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2018 09 25.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT12-3 ▼

Užduotį teisingai išsprendė dauguma turnyro dalyvių. Keli dalyviai nežinia kodėl užduoties sąlygoje duotus 3 kW palaikė naudingąja galia, tad sprendė užduotį lyg ir su įjungtu kitu šildytuvu, kurio naudingumo koeficientas būtų lygus 100%, tad gavo mažesnes papildomai sunaudotos elektros energijos bei kaitinimo trukmės vertes. Dauguma vengė parodyti skaičiavimus, po teorinių formulių iškart parašę atsakymus. Du turnyro dalyviai papildomo kaitinimo trukmę pateikė net sekundžių dalimis, kai tokio tikslumo siekis duotame eksperimente neturi prasmės, o yra tik nuo skaičiuotuvo nurašytas neapvalintas rodinys.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2018 09 25.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT12-3 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Rasta inde likusio vandens masė	6
2.	Rasta papildomai sunaudota elektros energija	2
3.	Rasta papildomo kaitinimo trukmė	2
4.	Nepateikti ieškomų dydžių skaičiavimai	-0,5
5.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2018 09 25.