

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 20. ožujka 2025.

Srednje škole – 2. skupina

VAŽNO: Tijekom ispita ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...).

Za pisanje se koristite kemijskom olovkom ili nalivperom. Pri ruci ne smijete imati mobitel ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Zadatak 1. (ukupno bodova: 10)

Promotrite pumpu za vodu čiji je otvor, površine poprečnog presjeka 5 cm^2 , usmjeren direktno prema dolje te se nalazi 50 cm iznad plitkog korita. Ako pumpa pri radu postiže konstantni ukupni tlak od 1.1 atmosfera, odredite kolikom silom voda koja istječe iz nje djeluje na korito.

Pretpostavite da nema prskanja ni razdvajanja toka vode te da se nakon kontakta s koritom voda u potpunosti prestane gibati. Uzmite da je gustoća vode 1 kg/L te da je tlak zraka 1 atmosfera.

Zadatak 2. (ukupno bodova: 9)

Odredite koliko je vremena potrebno kako bi kompresor napunio prazan čelični ronilački spremnik zrakom do pritiska od 200 atmosfera. Poznato je da spremnik ima volumen od 10 L te da mu je masa kada je prazan jednaka 16 kg . Osim toga, poznato je i da je specifični toplinski kapacitet čelika 420 J/kgK .

Pretpostavite da kompresor koji vrši punjenje ima efikasnost od 50% te da radi konstantnom snagom od 1 kW , da se zrak može opisati kao dvoatomni idealni plin i da ga kompresor crpi iz atmosfere. Uzmite da je početna temperatura boce i zraka 290 K , dok je konačna 340 K . Zanemarite sve gubitke energije.

Zadatak 3. (ukupno bodova: 12)

Promotrite sustav sastavljen od tri beskonačno velika toplinska spremnika temperatura $T_1 = 500$ K, $T_2 = 250$ K i $T_3 = 200$ K (koje ćemo označiti rednim brojevima u skladu s indeksima temperatura) i 3 Carnotova stroja, koja ćemo označiti s A, B i C. Koristeći se tim oznakama možemo objasniti kako su strojevi spojeni na spremnike i međusobno:

Stroj A radi kao toplinski stroj te je spojen na prvi i drugi spremnik, primajući 1.5 kJ topline od toplijeg spremnika u svakom svom ciklusu. 50 % izlaznog rada tog stroja napušta sustav, čineći jedan od dvaju doprinosa ukupnom radu koji sustav vrši na okolinu, dok se preostalih 50 % izlaznog rada stroja A koristi kao ulazni rad za stroj B, koji je konfiguriran kao hladnjak te spojen na drugi i treći spremnik. Stroj B u jednom radnom ciklusu uzima 1.5 kJ topline od trećeg spremnika. Konačno, stroj C toplinski je stroj spojen na drugi i treći spremnik te njegov čitav izlazni rad napušta sustav tvoreći tako drugi doprinos ukupnom radu koji ovaj sustav vrši na okolinu.

Odredite kolika je ukupna izlazna snaga ovog sustava (s obzirom na rad koji ovaj sustav vrši na okolinu, dakle s obzirom na rad koji „napušta” sustav), ako je poznato da je ukupna izmjena topline u drugom spremniku jednaka nuli. Ako bismo sva tri stroja i „međuspremnik” 2 smatrali jednim strojem, odredite njegovu efikasnost. Bi li se takav stroj mogao smatrati Carnotovim strojem? Svakom od strojeva treba isto vrijeme, 2 sekunde, da odradi jedan ciklus.

Zadatak 4. (ukupno bodova: 12)

Jednu dvadesetinu volumena zatvorene i izolirane posude volumena 1 m^3 ispunjava krutina posebnog materijala, temperature 190 K, čiji je specifični toplinski kapacitet jednak za njezinu krutu i tekuću fazu te iznosi 1 kJ/kgK . Ostatak volumena ispunjen je sa 100 mola jednoatomnog idealnog plina temperature 500 K. Odredite tlak plina u konačnom stanju, odnosno kada je sva izmjena topline završena.

Specifikacije posebnog materijala su: specifična latentna toplina 150 kJ/kg , gustoća krute faze 60 kg/m^3 , gustoća tekuće faze 20 kg/m^3 , temperatura taljenja 200 K. Pretpostavite da su ove veličine konstante, da idealni plin ne može proći kroz fazni prijelaz te zanemari toplinsko širenje posude i tvari. Pri računu zanemarite utjecaj promjene gravitacijske potencijalne energije.

Zadatak 5. (ukupno bodova: 7)

Vodoravna ekspanzijska komora parnog stroja na jednom je kraju zatvorena pomičnim klipom površine 5 dm^2 koji po njoj može kliziti bez trenja. U trenutku kada je razmak između klipa i zida komore 8 cm , dodatna se para počinje ubrizgavati u nju tako da para na klip djeluje stalnom silom od 50 kN . Klip se tada udaljava od drugog kraja komore te ukupno izvrši 20 kJ rada. Odredite koliko je molova pare ubrizgano u komoru.

Pretpostavite da je temperatura komore u početku jednaka $120 \text{ }^\circ\text{C}$ te da je do kraja procesa narasla za $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Osim toga, pretpostavite da se para može opisati jednadžbom stanja idealnog plina. Zanemarite utjecaj vanjskog tlaka na klip i komoru.

Fizikalne konstante:

ubrzanje sile teže blizu površine Zemlje:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

atmosferski tlak, odnosno tlak koji odgovara jednoj atmosferi:

$$p_{\text{atm}} = 101300 \text{ Pa}$$

temperatura apsolutne nule:

$$T_0 = -273.15^\circ\text{C}$$

plinska konstanta:

$$R = 8.314 \text{ J/Kmol.}$$