

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2020.

Srednje škole – 2. grupa Rješenja i smjernice za bodovanje

Upute za bodovanje: Ovdje je prikazan jedan način rješavanja zadataka. Ako učenici riješe zadatak drugačijim, a fizikalno ispravnim načinom, treba im dati puni broj bodova predviđen za taj zadatak. Ako učenici ne napišu posebno svaki ovdje predviđeni korak, a vidljivo je da su ga napravili, treba im dati bodove kao da su ga napisali.

1. Zadatak (10 bodova)

Šuplje kućište lebdi blizu površine gotovo u potpunosti uronjena. Sila uzgona F_A uravnotežuje težinu P kućišta:

$$F_U = P$$

Sila uzgona, jednaka je težini volumena istisnute tekućine. Volumen istisnute vode jednak je vanjskom volumenu šuplje kugle, dakle:

$$F_A = \rho_{\text{voda}} V_{\text{vanjski}} g = \rho_{\text{voda}} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi R^3 g \quad (2 \text{ boda})$$

Težina P željezne šuplje kugle jednaka je:

$$P = m_{Fe} g = \rho_{Fe} (V_{\text{vanjski}} - V_{\text{šupljine}}) g = \rho_{Fe} \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3) g \quad (2 \text{ boda})$$

Uvrštavanjem izraza dobivenih za F_U i P :

$$\rho_{\text{voda}} \frac{4}{3} \pi R^3 g = \rho_{Fe} \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3) g \quad (2 \text{ boda})$$

Slijedi:

$$r = R \sqrt[3]{\frac{\rho_{Fe} - \rho_{\text{voda}}}{\rho_{Fe}}} = 0.287 \text{ m} \quad (2 \text{ boda})$$

Kad se doda sol u vodu vrijedi:

$$\rho_{\text{voda}+\text{sol}} \frac{V_{\text{vanjski}}}{2} g = \rho_{\text{voda}+\text{sol}} \frac{2}{3} \pi R^3 g = \rho_{Fe} \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3) g$$

$$\rho_{\text{voda}+\text{sol}} = 2\rho_{Fe} \left(1 - \frac{r^3}{R^3}\right) = 1959 \text{ kg/m}^3 \quad (2 \text{ boda})$$

2. Zadatak (10 bodova)

Neka je M masa bloka i m mase protuteže, A , a na odgovarajućim razmacima od okomite osi dizalice; za ono što je rečeno, s obzirom na to da je težište konstrukcije bez opterećenja i protuteže već na osi dizalice, kada je blok izvan vode, dovoljno je da je $MgA = mga$ iz kojeg je $a = MA/m$.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2020.

Kad je blok potpuno uronjen u vodu, na njega utječe i sila uzgona stoga se mora približiti protuteži količine Δa . Ravnoteža sada daje odnos:

$$(Mg - F)A = mg(a - \Delta a) \Rightarrow FA = mg\Delta a \quad (2 \text{ boda})$$

Slijedi:

$$\Delta a = \frac{FA}{mg} \quad (2 \text{ boda})$$

Dakle dobije se:

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{FA}{mg} \frac{m}{MA} = \frac{(Mg\rho_v/\rho_b)A}{MgA} = \frac{\rho_v}{\rho_b} = 0.435 = 43.5\% \quad (2 \text{ bod})$$

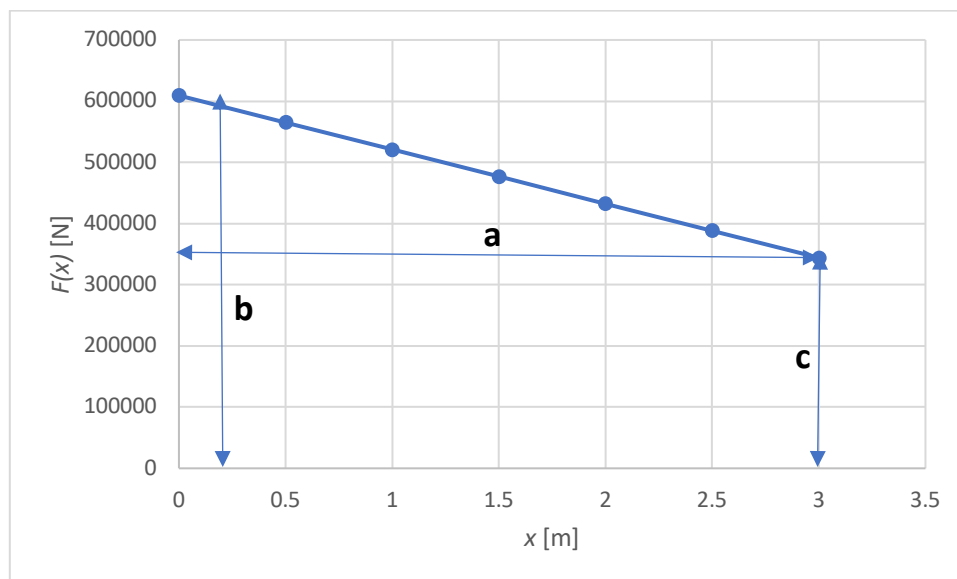
Ako je l duljina brida kocke i izrazimo masu kocke kao $m = \rho_s l^3$ možemo pisati za $0 \leq x \leq 3m$ (gdje x je uronjena dubina), sila koja djeluje na kocku jednaka je razlici težine i sile uzgona:

$$F(x) = F_g - F_u = mg - \rho_v g V_{\text{uronjen}} = \rho_b V_b g - \rho_v g x l^2 = \rho_b l^3 g - \rho_v g x l^2$$

$$F(x) = \rho_b l^2 g \left[l - \frac{x \rho_v}{\rho_b} \right] \quad 0 \leq x \leq 3m$$

$$F(x) = 203067 \text{ kg/s}^2 [3 - 0,435x] \text{ m} \quad 0 \leq x \leq 3m \quad (2 \text{ bod})$$

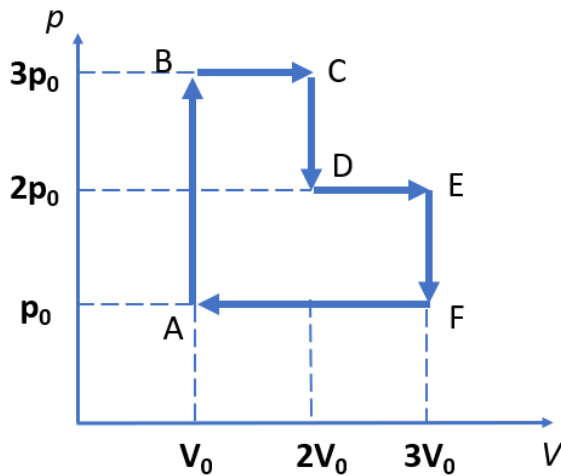
Ako prikažemo ovisnost na grafu, dobijemo slijedeće



Iz površine ispod grafa možemo izračunati rad potreban za izvaditi kockasti blok iz vode.

$$L = \frac{a \cdot (b - c)}{2} + a \cdot c = 397503 \text{ J} + 1032595 \text{ J} = 1,43 \times 10^6 \text{ J} \quad (2 \text{ bod})$$

3. Zadatak (15 bodova)



(2 boda)

a. Plin prenosi energiju u okoliš u obliku rada u ekspanzijama, dok ga prima u kompresijama. Posljedično, obavlja rad u BC i DE pretvorbama i apsorbira ih u FA kompresiji. U konstantnim pretvorbama volumena nema izmjene energije u obliku rada.

(1 bod)

b. Iz jednadžbe stanja idealnog plina lako je zaključiti da je temperatura pri konstantnom volumenu izravno proporcionalna tlaku, dok je pri konstantnom tlaku izravno proporcionalna volumenu. Kao rezultat toga, temperatura raste u izohornom AB i u izobarnoj ekspanziji BC, smanjuje se u izohornom CD-u, opet se povećava u drugoj izobarnoj ekspanziji DE i ponovo smanjuje u izohornom EF i u izobarnoj kompresiji FA.

(1 bod)

c. Jedna od karakteristika koja razlikuje sustave koji se sastoje od idealnih plinova je činjenica da unutarnja energija ovisi samo o temperaturi. Posljedično, unutarnja energija se povećava kada temperatura raste i obrnuto.

(1 bod)

d. U izohornim pretvorbama $Q = nc_V \Delta T$, u izobarnim pretvorbama $Q = nc_p \Delta T$. Iz toga slijedi da je Q pozitivan (što odgovara prijenosu energije iz okoline u sustav) u pretvorbama u kojima je ΔT pozitivan: AB, BC, DE i negativan u ostala tri.

(1 bod)

e. Učinkovitost ciklusa dana je $\eta = \frac{L}{Q_{ADS}}$ gdje Q_{ADS} je toplina što sustav preuzme od okoliša. Rad je površina određena ciklusom $L = 3p_0V_0$.

(2 boda)

Adsorbirana toplina je:

$$\begin{aligned} Q_{ads} &= Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{DE} = nc_V \Delta T_{AB} + nc_p \Delta T_{BC} + nc_p \Delta T_{DE} = \\ &= \frac{3}{2} nR \Delta T_{AB} + \frac{5}{2} nR \Delta T_{BC} + \frac{5}{2} nR \Delta T_{DE} \end{aligned}$$

Iz jednadžbe za idealne plinove za pretvorbu s konstantnim volumenom vrijedi $V \Delta p = nR \Delta T$, za konstantan tlak $\Delta V p = nR \Delta T$. Dakle:

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2020.

$$Q_{\text{ads}} = \frac{3}{2}V_0 \cdot 2p_0 + \frac{5}{2}3p_0V_0 + \frac{5}{2}2p_0V_0 = \frac{31}{2}p_0V_0$$

Slijedi:

$$\eta = \frac{L}{Q_{\text{ADS}}} = 6/31 = 19\% \quad (2 \text{ boda})$$

f. Iz prethodnog razmatranja zaključuje se da je najniža temperatura u stanju A i vrijedi

$$T_A = p_0 V_0 / nR = 365.7 \text{ K}$$

Najviša temperatura postiže se u stanjima C i E i vrijedi $T_C = T_E = 6 p_0 V_0 / nR = 6T_A = 2194 \text{ K}$.

Slijedi:

$$\eta = 1 - \frac{T_A}{6T_A} = 1 - 1/6 = 83\% \quad (2 \text{ boda})$$

4. Zadatak (8 bodova)

Jednadžba što veže promjenu količine gibanja i sile je slijedeća

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{q}}{\Delta t}$$

Nas interesira komponenta u smjeru okomice zida, na koju djeluje tlak vode

$$F_n = \frac{\Delta q_n}{\Delta t} \quad (2 \text{ boda})$$

Promjena količine gibanja uzrokovana količinom m mase vode u vremenskom intervalu Δt je

$$\Delta q_n = (\rho a v \Delta t) v \cos \theta \quad (a = \text{poprečni presjek mlaza}) \quad (2 \text{ boda})$$

Slijedi da je okomita komponenta sile na zid:

$$F_n = \rho a v^2 \cos \theta \quad (2 \text{ boda})$$

Površina na koju mlaz djeluje na zidu je $(\Delta S = \frac{a}{\cos \theta})$, dakle slijedi za tlak:

$$p = \frac{F_n}{\Delta S} = \frac{\rho a v^2 \cos^2 \theta}{a}$$

$$p = \rho v^2 \cos^2 \theta = 2.83 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (2 \text{ boda})$$

5. Zadatak (10 bodova)

Idealan motor koji radi između dva navedena izvora topline ima učinkovitost jednaku:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0.25 \quad (2 \text{ boda})$$

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2020.

Slučaj a) Za svaki ciklus postoji neto prijenos topline jednak 25 J u usporedbi s radom od 40 J. Stoga je prekršen prvi zakon (i ako učinkovitost ovog motora je $\eta = 1 - \frac{175}{200} = 0.125$, kompatibilno s idealnom učinkovitošću).

(2 boda)

Slučaj b) Za svaki ciklus postoji neto prijenos topline jednak 300 J u usporedbi s radom od 400 J. Stoga je prekršen prvi zakon (učinkovitost je $\eta = 1 - \frac{200}{500} = 0.6$ nespojiva s idealnom učinkovitost).

(2 boda)

Slučaj c) Učinkovitost ovog motora je $\eta = 1 - \frac{200}{600} = 0.667$, nespojiva s idealnom učinkovitost; za svaki ciklus postoji neto prijenos topline jednak 400 J u usporedbi s radom od 400 J. Stoga je prekršen drugi zakon.

(2 boda)

Slučaj d) Učinkovitost ovog motora je $\eta = 1 - \frac{100}{90} = 0.10$, kompatibilno je s idealnom učinkovitost; za svaki ciklus postoji neto prijenos topline od 10 J u usporedbi s radom od 10 J. Niti jedan zakon nije narušen.

(2 boda)