Rješenja Završnog ispita iz Fizike 1
ponedjeljak, 29. 06. 2015.

Teorijska pitanja

1.

(a) U relativističkoj fizici *Lorentzov faktor* γ iznosi (zaokruži točnu tvrdnju):
(1 bod)

a) $\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

b) $\gamma = v/\mathrm{c}$

c) $\gamma = 1$

d) $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

e) Ništa od navedenog nije točno.

Rješenje: d)

(b) U gibanju *Foucaultovog njihala* (pokus u B_1), *zakret ravnine* njihala daje (zaokruži točnu tvrdnju):
(1 bod)

a) samo težina (gravitacija) kugle njihala,
b) samo cetrifugalna sila zbog vrtnje Zemlje,
c) centrifugalna i Coriolisova sila,
d) samo Coriolisova sila,
e) sve tri spomenute sile zajedno.

Rješenje: d)

(c) Krivuljom *adijabatom* u p – V dijagramu opisujemo proces u kojemu idealni plin (zaokruži točnu tvrdnju):
(1 bod)

a) ne razmjenjuje rad s okolinom (đW= 0),
b) nema promjenu svoje unutrašnje energije (dU = 0),
c) vrši rad na račun promjene svoje unutrašnje energije,
d) tlak o volumenu ovisi prema Boyle–Mariotteovu zakonu,
e) ništa navedeno nije točno.

Rješenje: c)

(d) Pri adijabatskoj ekspanziji plina vrijedi (zaokruži točnu tvrdnju):
(1 bod)

a) Temperatura i tlak se smanjuju.
b) Temperatura se povećava, a tlak se smanjuje.
c) Plin prima toplinu i temperatura mu se povećava.
d) Plin ne prima toplinu i temperatura mu je stalna.
e) Temperatura se smanjuje, a tlak se povećava.

Rješenje: a)

(e) Kada se lonac vode na štednjaku zagrije do 100° C (točna vrijednost ovisi o trenutnoj vrijednosti atmosferskog tlaka) te štednjak nastavlja grijati lonac (zaokruži točnu tvrdnju):
(1 bod)

a) sva voda trenutno prelazi u paru,
b) voda ne prelazi u paru sve dok temperatura bitno ne premaši 100° C,
c) voda postupno prelazi u paru jer ona ima velik specifični toplinski kapacitet,
d) voda postupno prelazi u paru jer je za to potrebna latentna toplina isparavanja,
e) ništa od navedenog nije točno.

Rješenje: d)

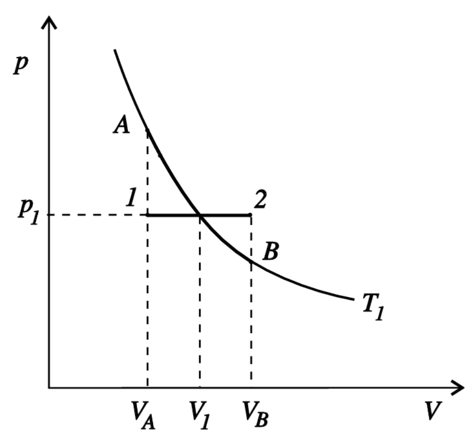
(f) Od dva metala različitih gustoća izlivene se dvije homogene kugle koje su potpuno uronjene u istu tekućinu. Obje su kugle zbog toga za jednaki iznos "prividno izgubile na težini" (uzgoni na kugle su jednaki). Ako se gustoće kugala odnose kao $\rho_1 = 3\rho_2$ tada je ($V_{1,2}$ su volumeni, $m_{1,2}$ su mase, $G_{1,2}$ su težine, $R_{1,2}$ su polumjeri, $U_{1,2}$ su uzgoni) (Zaokruži točnu tvrdnju.)
(1 bod)

a) $V_1 = 3V_2$
b) $G_2 = 3G_1$
c) $G_1 - U_1 = G_2 - U_2$
d) $m_1 = 3m_2$
e) $R_1 = \sqrt[3]{R_2}$

Rješenje: d)

(g) Rad pri izotermnoj promjeni stanja n molova idealnog plina od stanja A do B jednak je radu pri izobarnoj promjeni stanja plina od 1 do 2 (prema slici). Ako je $V_1 = (V_B - V_A)/2$, tada je (zaokruži točnu tvrdnju):
(1 bod)

a) $V_B = 2V_A$
b) $T_1 = 400\text{K}$ i $V_B = 400V_A$
c) $V_B = V_A + nRT_1$
d) $V_B = e^2 V_A$
e) $V_B / V_A = \ln 2$



Rješenje: d)

2.

(a) Detaljno izvedi Lorentzove transformacije.

(4 boda)

(b) Za Carnotov proces izračunaj:

- Topline koje toplinski stroj uzme iz spremnika na višoj temperaturi i preda spremniku na nižoj temperaturi.
- Faktor korisnog djelovanja kao funkciju temperatura spremnika.

(5 bodova)

Zadaci

1. Žica polukružnog oblika polumjera r = 1,6 m, mase m_1 = 30 g djeluje gravitacijskom silom $F = 1{,}2 \cdot 10^{-15}$ N na materijalnu točku smještenu u središtu zakrivljenosti polukružnice koju čini žica. Kolika je masa materijalne točke?

(6 bodova)

Rješenje:

r = 1,6 m
m_1 = 30 g = 0,03 kg
$F = 1{,}2 \cdot 10^{-15}$ N
$G = 6{,}672 \cdot 10^{-11}$ m^3/(kgs^2)

---

m_2 = ?

Postavimo Cartesijev dvodimenzionalni koordinatni sustav tako da ishodište sustava bude u centru zakrivljenosti polukružnice a os y prolazi kroz oba kraja polukružnice. Da bismo izračunali gravitacijsku silu između žice i materijalne točke smještene u ishodištu odaberimo proizvoljni infinitezimalni djelić mase žice dm_2 smješten u točki čiji radijvektor zatvara s pozitivnim smjerom osi x kut α. Gravitacijska sila dF između materijalne točke u ishodištu mase m_1 i infinitezimalnog djelića mase žice dm_2 jednaka je po iznosu $G \cdot m_1 \cdot dm_2/r^2$ i ima smjer radijvektora proizvoljnog infinitezimalnog djelića mase žice. Rastavimo li tu infinitezimalnu silu na komponente u smjeru osi x i y uočavamo da će se y komponente sile poništavati zbog djelovanja gravitacijske sile od s obzirom na os x simetričnog infinitezimalnog djelića mase žice. Infinitezimalna gravitacijska sila bit će u smjeru osi x i iznosit će $2\cos\alpha \cdot G \cdot m_1 \cdot dm_2/r^2$. Rezultantnu silu dobit ćemo integracijom po kutu α od 0 do π/2 infinitezimalne gravitacijske sile. Pošto je $dm_2 = (m_2/\pi) \cdot d\alpha$ i pošto G, m_1 i r ne ovise o α to ostaje samo $\int \cos\alpha \cdot d\alpha$ u granicama od 0 do π/2. Taj je integral jednak jedinici tako da na kraju dobivamo da je rezultantna gravitacijska sila

$$F = (2G \cdot m_1 \cdot m_2)/(r^2 \cdot \pi).$$

Iz gornjeg izraza možemo masu materijalne točke m_2 dati sljedećom relacijom

$$m_2 = (F \cdot r^2 \cdot \pi)/(2G \cdot m_1)$$

Uvrštavanjem zadanih veličina u gornji izraz dobivamo $m_2 = 2{,}4 \cdot 10^{-3}$ kg.

2. Galaksija G1 se od nas udaljava brzinom 0.4 *c*. Druga galaksija G2 se istim iznosom brzine 0.4 *c* od nas udaljava u suprotnom smjeru. Za promatrača koji miruje u G1, kojom brzinom se giba G2?
(6 bodova)

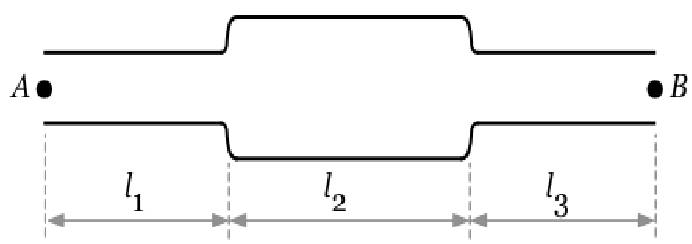
Rješenje:

Brzine $v_1 = +0.4\,c$ i $v_2 = -0.4\,c$ mjerene su u sustavu naše galaksije, koji ćemo nazvati sustav S. Brzinu $v_2 = -0.4\,c$ potrebno je transformirati u sustav galaksije G1 (nazovimo ga S'), koji se u odnosu na S giba brzinom $v = +0.4\,c$.

$$v_2' = \frac{v_2 - v}{1 - v v_2/c^2} \ ,$$

$$v_2' = \frac{-0.4\,c - 0.4\,c}{1 - 0.4\,c(-0.4\,c)/c^2} = -\frac{0.8\,c}{1 + 0.4^2} = -0.7 \quad c \ .$$

3. Radnici znaju da je dio sustava vodoopskrbe napravljen cijevima različitih promjera. Nove cijevi imaju promjer $d_1 = d_3 = 5$ cm i kroz njih je izmjereno da voda teče brzinom $v_1 = v_3 = 3$ m/s. Stari dio, između novih dijelova (vidi sliku), je nepoznatog promjera d_2 . Ako je u točki A puštena boja, koja se pojavila u točki B nakon 40 s, koliki je promjer stare cijevi d_2 ? Udaljenost točaka A i B je 80 m, udaljenost točke A (i B) do starog dijela cijevi $l_1 = l_3 = 20$ m.



(6 bodova)

Rješenje:

Ukupno vrijeme putovanja boje možemo napisati kao zbroj vremena putovanja po segmentima $T = 80\,\mathrm{s} = t_1 + t_2 + t_3$. Vremena u novim cijevima određena su zadanim duljinama i brzinama $t_1 = t_3 = l_1/v_1 = 6.67$ s, pa slijedi da je vrijeme potrebno za prolazak boje starim cijevima $t_2 = 26.67$ s. Iz toga slijedi da je brzina vode kroz stari dio cijevi $v_2 = l_2/v_2 = 1.5$ m/s.

Pomoću jednadžbe kontinuiteta određujemo promjer stare cijevi:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \ ,$$

$$\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 v_1 = \left(\frac{d_2}{2}\right)^2 v_2 \ .$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{v_1}{v_2}} \ .$$

Za zadane brojeve $d_2 = 7.07$ cm.

4. Deset grama kisika je pod tlakom od $3 \cdot 10^5$ Nm^{-2} na temperaturi 12 °C. Nakon grijanja na konstantnom tlaku, plin ima volumen 10 litara. Koja količina topline je predana plinu? Kisik se ponaša kao idealni plin.
(6 bodova)

Rješenje:

$$n = \frac{10}{32}\ \mathrm{mol} = 0{,}3125\ \mathrm{mol}$$

$$T_2 = \frac{p\, V_2}{n\, R}$$

$$T_2 = \frac{3 \cdot 10^5\ 10 \cdot 10^{-3}}{0{,}3125 \cdot 8{,}314}\ \mathrm{K} = 1154{,}679\ \mathrm{K}$$

$$C_p = \frac{7}{2}\ R$$

$$\Delta Q = n\, C_p\ (T_2 - T_1)$$

$$\Delta Q = 0{,}3125 \cdot \frac{7}{2} \cdot 8{,}314\ (1154{,}679 - 285{,}15)\ \mathrm{J} = 7907\ \mathrm{J}$$