

# Rješenja Završnog ispit iz Fizike 1

četvrtak, 20. 6. 2013.

## Teorijska pitanja

(odgovore zaokružite na testu)

1.

(a) U pogledu gravitacije zaokružite dva točna odgovora:

(1 bod)

a) U mjerenjima s torzionom vagom (*Cavendishov pokus*), precizno se određuje standardna akceleracija  $g$  na pet decimalnih mjesta.

b) Promjena potencijalne energije tijela  $m$  pri pomaku iz položaja  $r_1$  u položaj  $r_2$  ( $r_2 > r_1$ ) u gravitacijskome polju nebeskog tijela  $M$ , iznosi:  $\Delta E_{pot} = G \frac{Mm}{r_2}$ .

c) Rad  $W$  potreban da se satelit mase  $m$  oslobodi utjecaja Zemljine teže iznosi  $W = G M_Z \frac{m}{R_Z}$ , gdje je  $R_Z$  polumjer Zemlje.

d) Gravitacijsko polje  $\vec{g}$  Zemlje se dimenzijski podudara s akceleracijom Zemljine sile teže  $\vec{g}$ .

e) Gravitacijsko polje Zemlje  $\vec{g}$  ako se zanemari utjecaj centrifugalne akceleracije opada faktorom  $(R_Z + h)^3$ , gdje su  $R_Z$  polumjer Zemlje i  $h$  nadmorska visina.

Rješenje: c) i d)

(b) Kad velikom brzinom, prateći neki meridijan, pristupate južnom Zemljinom polu, na Vas "djeluje" Coriolisova pseudosila. Njezin smjer je (zaokružite točan odgovor):

(1 bod)

a) Desno (u odnosu na smjer gibanja).

b) Lijevo (u odnosu na smjer gibanja).

c) Uvis.

d) Prema središtu Zemlje.

e) Unazad (u odnosu na smjer gibanja).

f) Prema naprijed (u odnosu na smjer gibanja).

Rješenje: b)

(c) Čestica idealnog fluida struji horizontalnom cijevi koja se suzuje. Kako se čestica giba iz šireg područja prema užem, tako joj brzina (zaokružite točne odgovore):

(1 bod)

a) Raste.

b) Ostaje ista.

c) Pada.

te osjeća:

a) Porast tlaka.

b) Da nema promjena u tlaku.

c) Pad tlaka.

Rješenje: a) i c)

(d) Kako se jezero smrzava, tako će se (zaokružite točan odgovor):

(1 bod)

a) Hladiti okolni zrak.

b) Grijati okolni zrak.

c) Niti hladiti niti grijati okolni zrak.

d) I hladiti i grijati okolni zrak.

e) Ništa od navedenog.

Rješenje: b)

- (e) Na temelju  $p$ - $T$  dijagrama faznih stanja vode, zaokružite točan odgovor:

(1 bod)

- a) U trojnoj točki vode  $T_3$  u ravnoteži su samo dvije njezine faze: led i kapljevina.
- b) U trojnoj točki vode  $T_3$  u ravnoteži su samo dvije njezine faze: kapljevina i para.
- c) U trojnoj točki vode  $T_3$  u ravnoteži su samo dvije njezine faze: led i para.
- d) Trojna točka vode  $T_3$  jest na temperaturi 273,15 K.
- e) Niti jedna od gore navedenih tvrdnji nije točna.

Rješenje: e)

- (f) Za plinove tipično (zaokružite točan odgovor) vrijedi:

(1 bod)

- a)  $C_V > C_P$ .
- b)  $C_P > C_V$ .
- c)  $C_V = C_P$ .
- d) Ovisno o plinu, to su empirijski određene veličine.
- e) Dulong-Petitovo pravilo.

Rješenje: b)

- (g) Što od navedenog povećava efikasnost Carnotovog kružnog procesa: (napomena:  $T_1$  odgovara temperaturi grijača, a  $T_2$  hladnjaka) (zaokružite tri točna odgovora):

(1 bod)

- a) Izjednačavanje  $T_1$  i  $T_2$ .
- b) Smanjenje  $T_2$  za 50 K.
- c) Smanjenje  $T_2$  prema apsolutnoj nuli.
- d) Porast  $T_1$  za 50 K.
- e) Sve gore navedeno.

Rješenje: b), c) i d)

- (h) U zatvorenom (kružnom) procesu na slici vrijedi (zaokružite točan odgovor):

(1 bod)

- a) Ukupni (dobiveni) rad je pozitivan i jednak je  $p_A(V_B - V_A)$ .
- b) Odvedena toplina jednaka je nuli.
- c) Ukupni rad jednak je  $|W_{izotermno}| + |W_{izobarno}|$ .
- d) Ukupna dovedena toplina jednaka je nuli.
- e) Ukupni rad jednak je  $|W_{izotermno}| - |W_{izobarno}|$ .

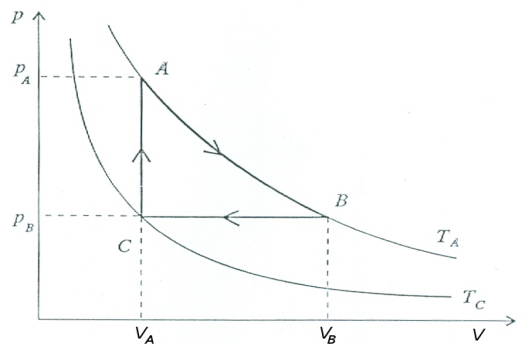
Rješenje: e)

- (i) U procesu na slici vrijedi (zaokružite tri točna odgovora):

(1 bod)

- a) Ukupna predana toplina jednaka je nuli.
- b) Promjena entropije pri izotermnoj ekspanziji (širenju) jednaka je  $S_{AB} = W_{izotermno}/T_A$ .
- c) Ukupna dovedena toplina jednaka je  $nC_V(T_C - T_B)$ .
- d) Ukupna dovedena toplina jednaka je  $nC_P(T_C - T_A)$ .
- e) Ukupna promjena entropije jednaka je nuli.
- f) Ukupna promjena unutarnje energije veća je od nule.

Rješenje: b), d) i e)



Slika za zadatke (h) i (i)

### Zadaci

1. Na dnu kosine nagiba  $\theta$  nalazi se tijelo mase  $m$ . Kosina je pričvršćena za pod vagona koji se giba akceleracijom  $A$ . Uzevši da je  $A=2g$  te da koeficijent trenja između kosine i tijela iznosi  $\mu=0,5$ , koliki može biti kut  $\theta$  da bi se tijelo gibalo prema vrhu kosine? (6 bodova)

Rješenje:

$$m a = m A \cos \theta - m g \sin \theta - \mu N$$

$$0 = N - m g \cos \theta - m A \sin \theta$$

$$N = m(g \cos \theta + A \sin \theta)$$

$$m a = m A \cos \theta - m g \sin \theta - \mu m (g \cos \theta + A \sin \theta)$$

$$a = A \cos \theta - g \sin \theta - \mu (g \cos \theta + A \sin \theta)$$

$$a \geq 0$$

$$(A - \mu g) \cos \theta - (g + \mu A) \sin \theta \geq 0$$

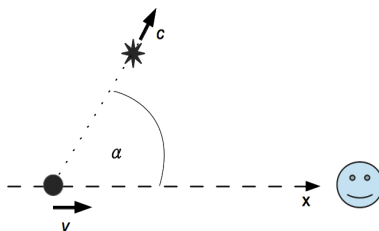
$$\operatorname{tg} \theta \leq \frac{A - \mu g}{g + \mu A}$$

$$\operatorname{tg} \theta \leq \frac{2g - 0,5g}{g + 0,5 \cdot 2g}$$

$$\operatorname{tg} \theta \leq 0,75$$

$$\theta \leq 36,870^\circ$$

2. Čestica se giba brzinom  $v = 0,9 \cdot c$  duž  $x$ -osi prema mirnom promatraču. U svom sustavu čestica emitira foton (svjetlost) pod kutem  $\alpha' = 60^\circ$  u odnosu na  $x'$ -os (vidi skicu). Gledano iz sustava mirnog promatrača, koliki je kut  $\alpha$  koji čini putanja tog fotona s  $x$ -osi? **(6 bodova)**



### Rješenje:

Foton promatramo kao česticu s brzinom  $c$ .

Sustav čestice koja emitira foton nazovemo  $S'$ , a sustav promatrača  $S$ .  $S'$  se giba brzinom  $v = 0.9 c$  u odnosu na  $S$ , a za smjer uzmimo da je  $+x$ -os.

Komponente brzine fotona u sustavu  $S'$  su:

$$v'_x = c \cos \alpha' = 0.5 c ,$$

$$v'_y = c \sin \alpha' = 0.866 c .$$

Transformiramo te komponente u sustav mirnog promatrača  $S$ :

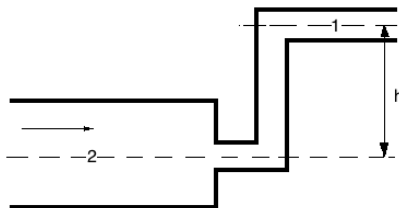
$$v_x = \frac{v'_x + v}{1 + vv'_x/c^2} = \frac{0.5 c + 0.9 c}{1 + 0.9 \cdot 0.5} = 0.9655 c ,$$

$$v_y = \frac{v'_y \sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 + vv'_x/c^2} = \frac{0.866 c \cdot 0.436}{1 + 0.9 \cdot 0.5} = 0.2603 c .$$

Konačno, kut koji brzina fotona zatvara s  $x$ -osi gledano iz sustava  $S$  je:

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = 0.2696 \longrightarrow \alpha = 15^\circ .$$

3. Kroz vodoravnu cijev koja se sužava na jednom mjestu teče tekućina gustoće  $800 \text{ kg/m}^3$ . Brzina tekućine u užem dijelu cijevi iznosi  $7 \text{ m/s}$ , a razlika tlakova između šireg i užeg dijela cijevi je  $5 \text{ kPa}$ . Na koju visinu  $h$  je potrebno podići suženu cijev (uz pretpostavku da je razlika tlakova ostala nepromijenjena) da bi brzina u tom dijelu cijevi bila dvostruko manja nego kada je cijev vodoravna (vidi sliku)? (6 bodova)



**Rješenje:**

-U vodoravnoj cijevi Bernoullijeva jednadžba je:

$$p_2 + \rho v_2^2/2 = p_1 + \rho v_1^2/2$$

iz čega

$$v_2^2 = v_1^2 - 2(p_2 - p_1)/\rho$$

iz očuvanja toka

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

dobije se omjer poprečnih presjeka cijevi

$$S_1/S_2 = 0.86$$

to je uvijek koji će vrijediti i za slučaj podignute cijevi.

-Za podignutu cijev kao na slici Bernoullijeva jednadžba je:

$$p_2 + \rho v_2^2/2 = p_1 + \rho gh + \rho v_1^2/2$$

odakle je

$$h = (p_2 - p_1)/\rho g + (v_2^2 - v_1^2)/2g$$

gdje je

$$v_1 = 7/2 \text{ m/s}$$

$$v_2 = v_1 S_1/S_2$$

što daje:

$$h = 0.48 \text{ cm}$$

4. Jedan mol jednoatomnog plina helija nalazi se na temperaturi od  $10^\circ\text{C}$ . Adijabatskom se ekspanzijom volumen plina udvostruči nakon čega se plin izotermno komprimira na početni volumen.

Koliku količinu topline moramo dodati plinu da se pri stalnom volumenu vrati u početnu točku?

(6 bodova)

**Rješenje:**

Toplina koju treba predati plinu pri stalnom volumenu je

$$Q = n C_v (T_1 - T_2)$$

gdje je

$$C_v = 3/2, C_p = (C_v + R)$$

$$C_p = 5/2 R$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$T_1 = 10^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$$

$T_2$  = se dobije preko adijabatske kompresije i niži je od  $T_1$

$$V_1 T_1^{1/(g-1)} = V_2 T_2^{1/(g-1)}$$

$$g = C_p/C_v = 5/3$$

$$V_2 = 2 V_1$$

što daje

$$T_2 = 2^{1-g} T_1$$

$$T_2 = 184 \text{ K}$$

Konačno je

$$Q = 1305 \text{ J}$$