Završni ispit iz Fizike 1 (24. lipnja 2016.)

1. Pitanja višestrukog izbora

Uputa: Odgovore treba zaokružiti **na ovom papiru** i potpisati se na njega. Točno riješeni zadaci nose po jedan bod. Netočno riješeni zadaci nose nula bodova (nema negativnih bodova).

1.1 Vlak juri vodoravnom prugom duž ekvatora prema zapadu. Vektor Coriolisove inercijske sile koja u referentnom sustavu Zemlje djeluje na vlak usmjeren je prema (**jedan** točan odgovor)

(a) sjeveru.

(b) istoku.

(c) zapadu.

(d) jugu.

(e) gore (uvis).

(f) dolje (prema tlu). **točno**

1.2 Na ekvatoru se nalaze dva pješaka: jedan (S) krene na sjever, a drugi (Z) na zapad. Promatramo li pješake u referentnom sustavu Zemlje, u tom trenutku vrijedi tvrdnja (**jedan** točan odgovor):

(a) I na jednog i na drugog djeluju samo dvije sile: gravitacija i jedna inercijska sila.

(b) Na S djeluje samo gravitacijska, a na Z gravitacijska i jedna inercijska sila.

(c) Na oba pješaka djeluju po tri sile: gravitacijska i dvije inercijske.

(d) Na Z djeluju tri sile (gravitacijska i dvije inercijske), a na S djeluje gravitacijska i jedna inercijska sila. **točno**

1.3 U fizici gravitacije (zaokružite **jednu** točnu tvrdnju)

(a) Potencijalna energija je negativna i opada s kvadratom udaljenosti r^2.

(b) Jakost gravitacijskog polja γ se dimenzijski podudara s akceleracijom Zemljine sile teže g. **točno**

(c) U pomaku tijela mase m iz položaja r_1 u položaj $r_2 > r_1$ u polju nebeskog tijela mase M potencijalna energija tijela m ostaje ista.

(d) Gravitacijsko polje Zemlje γ_Z linearno opada s nadmorskom visinom.

(e) Ništa od navedenog nije točno.

1.4 Čestica 1 se giba brzinom iznosa v_1, a čestica 2 se giba u istom smjeru brzinom iznosa $v_2 > v_1$. Neka je w iznos brzine čestice 2 u odnosu na česticu 1. Zaokružite **(jednu)** tvrdnju koja je istinita u okviru specijalne teorije relativnosti.

(a) $w < v_2 - v_1$

(b) $w = v_2 - v_1$

(c) $w > v_2 - v_1$ **točno**

(d) $w = v_2 + v_1$

(e) $w > v_2 + v_1$

1.5 Čestica mase m se giba relativističkom brzinom iznosa v. Tada vrijede jednakosti (**tri** točna odgovora):

(a) $E = \gamma mc^2$ **točno**

(b) $E = \gamma mv^2 + \frac{1}{2}mv^2$

(c) $p = \gamma mv$ **točno**

(d) $E_{\text{kin.}} = \gamma mv^2 - mc^2$

(e) $p = \gamma m(v + c)$

(f) $\gamma mc^2 = mc^2 + E_{\text{kin.}}$ **točno**

1.6 U dizalu koje se počinje uspinjati (vektor akceleracije dizala usmjeren je uvis) sa stropa na užetu visi posuda s vodom. Zaokruži **dvije** istinite tvrdnje:

(a) Tlak vode pri dnu posude je manji nego kad dizalo miruje.

(b) Tlak vode pri dnu posude je isti kao kad dizalo miruje.

(c) Tlak vode pri dnu posude je veći nego kad dizalo miruje. **točno**

(d) Napetost užeta je manja nego kad dizalo miruje.

(e) Napetost užeta je ista kao kad dizalo miruje.

(f) Napetost užeta je veća nego kad dizalo miruje. **točno**

1.7 Bačva je napunjena tekućinom do neke visine, a zatim je pri dnu bačve otvoren vrlo malen otvor kroz koji tekućina slobodno istječe u atmosferu. Ako je bačva odozgo otvorena te ako se tekućina ponaša kao idealni fluid, volumni tok njenog istjecanja ovisi o (**dva** točna odgovora)

(a) površini vrlo malenog otvora pri dnu, **točno**

(b) površini vodoravnog presjeka bačve,

(c) iznosu atmosferskog tlaka,

(d) trenutnoj visini vode u bačvi, **točno**

(e) gustoći tekućine.

1.8 Pri izvodu Bernoullijeve jednadžbe za nestlačiv idealni fluid uzima se u obzir (**tri** točna odgovora)

(a) promjena unutarnje energije elementa fluida,

(b) promjena gravitacijske potencijalne energije elementa fluida, **točno**

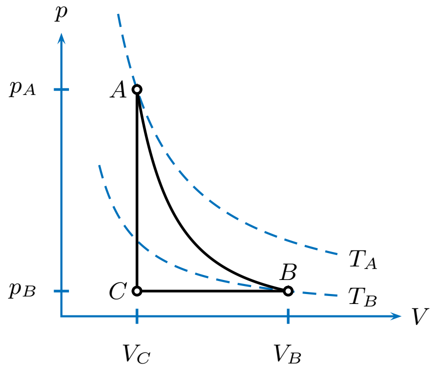
(c) promjena kinetičke energije elementa fluida, **točno**

(d) toplina koju je element fluida primio ili izgubio,

(e) promjena pvršine poprečnog presjeka cijevi, **točno**

(f) viskoznost fluida.

1.9 U zatvorenom (kružnom) procesu $A \to B \to C \to A$ prikazanom na slici ($A \to B$ je adijabatski proces) vrijedi (**jedan** točan odgovor)



(a) Ukupni dobiveni rad je pozitivan i jednak je $p_A(V_B - V_A)$.

(b) Odvedena toplina jednaka je nuli.

(c) Ukupni rad je $|W_{\text{izobarni}}| + |W_{\text{adijabatski}}|$.

(d) Ukupna dovedena toplina jednaka je nuli.

(e) Ukupni rad je $|W_{\text{adijabatski}}| - |W_{\text{izobarni}}|$. **točno**

1.10 Pri adijabatskom sažimanju idealnog plina (**dva** točna odgovora):

(a) Tlak se povećava **točno**

(b) Unutarnja energija se smanjuje

(c) Unutarnja energija se ne mijenja

(d) Unutarnja energija se povećava **točno**

(e) Temperatura se smanjuje

3.1 Projektil je ispaljen brzinom iznosa $v = 1000\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ prema jugu duž meridijana na $45°$ sjeverne geografske širine. Koliko će se projektil udaljiti od meridijana u smjeru paralele nakon $t = 1\,\mathrm{s}$? Otpor zraka valja zanemariti. Zadatak treba riješiti u neinercijskom sustavu vezanom uz Zemlju.

Rješenje:

v = 1000 m/s
φ = 45°
t = 1 s

---

x = ?

Postavimo neinercijalni Cartesijev trodimenzionalni koordinatni sustav vezan za Zemlju tako da ishodište sustava bude u točki ispaljivanja projektila, os y je u smjeru meridijana prema jugu, os x je u smjeru paralele prema zapadu a os z je okomita na Zemlju u točki ispaljivanja projektila. Na projektil djeluje u smjeru osi x prema zapadu Coriolisova sila koja je po iznosu jednaka

$$F_{Cor} = 2mv\omega\cdot\sin\varphi$$

gdje je m masa projektila, v početna brzina projektila a ω kutna brzina rotacije Zemlje. Kutna brzina rotacije Zemlje $\omega = 2\pi/T$ gdje T ophodno vrijeme Zemlje. Kako je T = 24 h dobivamo za $\omega = 2\pi/(24.3600) = 7{,}27\cdot10^{-5}$ rad/s. Akceleracija projektila prema 2. Newtonovom zakonu u smjeru prema zapadu u smjeru osi x konstantna je i iznosi

$$a = 2v\cdot\omega\cdot\sin\varphi$$

tako da je otklon $x = at^2/2 = v\omega\cdot\sin\varphi\cdot t^2$.
Uvrštavanjem zadanih veličina u gornji izraz dobivamo x = 0,0511 m = 5,1 cm.

3.2 Dva paralelna beskonačno duga štapa linijskih gustoća μ_1 i μ_2 međusobno su razmaknuta na udaljenosti $2a$. Izračunajte iznos ukupne gravitacijske sile kojom štapovi djeluju na tijelo mase m koje se nalazi točno između štapova.

Rješenje:

Iz geometrije problema ostaje samo okomita komponenta sile $F_y = F\cos\theta$ s obzirom na štap. Sila na prvi štap je jednaka:

$$F_1 = Gm\mu_1 \int \frac{dl}{r^2}\cos\theta, \tag{1}$$

gdje je $dM = \mu dl$, kako vrijedi:

$$r = \frac{a}{\cos\theta}, \tag{2}$$

$$\tan\theta = \frac{l}{a} \to dl = \frac{a}{\cos^2\theta}d\theta, \tag{3}$$

uvrstimo izraze u integral te možemo sprovesti integraciju preko kuta (u beskonačnosti su kutovi $\pi/2$ i $-\pi/2$):

$$F_1 = \frac{Gm\mu_1}{a}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\theta d\theta, \tag{4}$$

konačno dobivamo:

$$F_1 = \frac{2Gm\mu_1}{a}, \tag{5}$$

analogno za silu drugog štapa samo suprotnog predznaka zbog privlačenja u suprotnom smjeru:

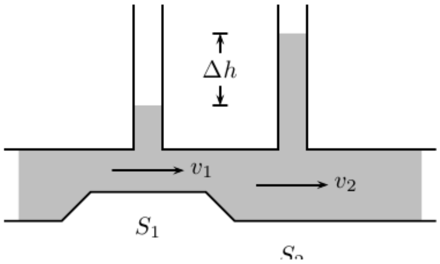
$$F_2 = -\frac{Gm\mu_2}{a}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\theta d\theta, \tag{6}$$

$$F_2 = -\frac{2Gm\mu_2}{a}, \tag{7}$$

ukupna sila je zbroj dobivenih sila:

$$F(a) = F_1 + F_2 = \frac{2Gm}{a}(\mu_1 - \mu_2). \tag{8}$$

3.3 Dvije odozgo otvorene cjevčice su postavljene na horizontalnu cijev promijenjivog poprečnog presjeka na mjestima na kojima su poprečni presjeci cijevi jednaki S_1 i $S_2 = 2S_1$ (vidi sliku). Kroz cijev teče neka tekućina. Izračunajte brzinu v_1 na mjestu poprečnog presjeka S_1 i brzinu v_2 na mjestu S_2 ako je razlika razine tekućine u vertikalnim cjevčicama $\Delta h = 10\,\mathrm{cm}$.



Rješenje:

Iz Bernoullijeve jednadžbe dobivamo:

$$p_1 + \rho\frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho\frac{v_2^2}{2}, \tag{9}$$

slijedi:

$$\frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) = p_2 - p_1 = \rho g\Delta h. \tag{10}$$

Odnose brzina možemo dobiti iz jednadžbe:

$$v_1S_1 = v_2S_2 \rightarrow v_1 = 2v_2, \tag{11}$$

uvrstimo u Bernoullijevu jednadžbu:

$$\frac{1}{2}\rho(4v_2^2 - v_2^2) = \rho g\Delta h, \tag{12}$$

konačno:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2}{3}g\Delta h} = 0.809\ \mathrm{m/s}, \tag{13}$$

i

$$v_1 = 2v_2 = 2\sqrt{\frac{2}{3}g\Delta h} = 1.618\ \mathrm{m/s}. \tag{14}$$

3.4 Voda mase $1.00\,\mathrm{g}$, volumena $1.00\,\mathrm{cm}^3$ i početne temperature $0^\circ\,\mathrm{C}$ se najprije zagrijava do $100^\circ\,\mathrm{C}$, a zatim se isparava pri $100^\circ\,\mathrm{C}$ i pri atmosferskom tlaku ($p_\mathrm{a} = 1.013 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$) čime nastaje $1670\,\mathrm{cm}^3$ vodene pare na istoj temperaturi. Kolika je promjena unutarnje energije sustava. (Specifični toplinski kapacitet vode u tekućoj fazi $c = 4200\,\mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$, latentna toplina isparavanja vode $\ell_\mathrm{i} = 2.26 \times 10^6\,\mathrm{J\,kg^{-1}}$.)

Rješenje:

$W = - p(V_k - V_p)$

Toplina potrebna za zagrijavanje i isparavanje vode:

$Q = mc\Delta t + ml_i$

Promjena unutarnje energije:

$\Delta U = Q + W = mc\Delta t + ml_i - p\Delta V$

$\Delta U = [10^{-3}\ 4200\ 100 + 10^{-3}\ 2.26\ 10^{6} - 1.013\ 10^{5}\ (1670 - 1)\ 10^{-6}\ ]\ \mathrm{J} = 2510.9\ \mathrm{J}$