

**ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007**  
**Srednje škole – 1. grupa**

**Zadatak 1 (10 bodova)**

Automobil se približava križanju brzinom od 45 km/h. U određenom trenutku na semaforu se upali žuto svjetlo. Nakon što vozač ugleda žuto svjetlo na semaforu potrebno mu je 0.8 s da reagira te nakon toga počinje kočiti stalnim usporenjem od  $2.5 \text{ m/s}^2$ . Duljina automobila je 4 m, širina križanja je 16 m, a vrijeme trajanja žutog svjetla na semaforu iznosi 3.5 s.

- Na kojoj se minimalnoj udaljenosti od početka križanja može nalaziti automobil u trenutku kada se na semaforu upali žuto svjetlo kako bi se zaustavio prije ulaska u križanje?
- Ako vozač umjesto kočenja počne ubrzavati, koliko treba biti ubrzanje kako bi prošao kroz križanje prije nego što se upali crveno svjetlo na semaforu? Vrijeme reagiranja vozača je jednako kao u a) dijelu zadatka.
- Kolika je brzina automobila u trenutku kada prođe kroz križanje za slučaj u b) dijelu zadatka?

**Zadatak 2 (9 bodova)**

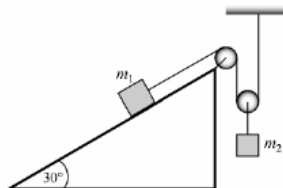
Tijelo A nalazi se na visini 15 m iznad tijela B. Tijelo A pustimo da slobodno pada. Nakon 0.5 s pustimo i tijelo B da slobodno pada. Tijela istovremeno padnu na tlo. Izračunajte:

- Vrijeme pada tijela A.
- Visine sa kojih su tijela pala.

Otpor zraka je zanemariv.

**Zadatak 3 (9 bodova)**

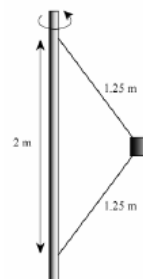
Promotrite sustav prikazan na slici. Mase tijela su redom jednake  $m_1 = 1 \text{ kg}$  i  $m_2 = 5 \text{ kg}$ , a nagib kosine u odnosu na horizontalu iznosi  $30^\circ$ . Tijela su povezana nerastezljivim užetom zanemarive mase preko kolotura zanemarive mase. Koliko iznosi ubrzanje tijela mase  $m_2$  i u kojem je smjeru?



**Zadatak 4 (11 bodova)**

Tijelo mase 4 kg privezano je pomoću dvije niti za šipku na način kako je prikazano na slici. Šipka rotira oko okomite osi. Napetost gornje niti iznosi 80 N.

- Kolika je napetost donje niti?
- Kolika je brzina tijela?
- Koliko bi trebala iznositi brzina tijela da napetost donje niti bude jednaka nuli?



**Zadatak 5 (11 bodova)**

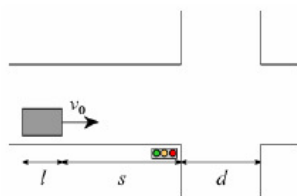
Dvije elastične kuglice masa  $m_1 = 10 \text{ g}$  i  $m_2 = 20 \text{ g}$  obješene su na tankim nitima jednakih duljina  $l = 18 \text{ cm}$  tako da se nalaze na istoj visini. Kuglica mase  $m_1$  se otkloni iz ravnotežnog položaja tako da nit o koju je ona obješena i nit o koju je obješena druga kuglica zatvaraju kut  $60^\circ$  te se zatim pusti. Na koju će maksimalnu visinu doći kuglice nakon elastičnog sudara?

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007

Srednje škole – 1. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)



a) Put koji automobil prijeđe prije nego što se zaustavi:

$$s = v_0 t_r + s_{\text{kočenje}}$$

Gdje je  $t_r$  vrijeme reagiranja vozača, a  $s_{\text{kočenje}}$  put od trenutka kada počne kočiti pa dok se ne zaustavi.

Vrijeme kočenja je jednako:

$$v(t_{\text{kočenje}}) = 0 = v_0 - a_1 t_{\text{kočenje}} \Rightarrow t_{\text{kočenje}} = \frac{v_0}{a_1} \quad (1)$$

Pa je  $s_{\text{kočenje}}$  jednako:

$$s_{\text{kočenje}} = v_0 t_{\text{zaust}} - \frac{a_1 t_{\text{zaust}}^2}{2} = \frac{v_0^2}{2a_1} \quad (1)$$

Ukupan put koji automobil prijeđe prije nego što se zaustavi je jednak:

$$s = v_0 t_r + \frac{v_0^2}{2a_1} \quad (1)$$

$$s = 41.25 \text{ m} \quad (1)$$

b) Ukupan put koji automobil treba prijeći je udaljenost do početka križanja  $s$ , širina križanja  $d$  i duljina automobila  $l$ :

$$s + d + l = v_0 t_r + v_0 (t_{\text{zao}} - t_r) + \frac{a_2}{2} (t_{\text{zao}} - t_r)^2 \quad (2)$$

Slijedi da je akceleracija jednaka:

$$a_2 = 2 \frac{s + d + l - v_0 t_{\text{zao}}}{(t_{\text{zao}} - t_r)^2} \quad (1)$$

Uvrštavanjem se dobije:

$$a_2 = 4.8 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

c) Brzina automobila u trenutku kada prođe kroz križanje je jednaka:

$$v = v_0 + a_2 (t_{\text{zao}} - t_r) \quad (1)$$

$$v = 25.5 \text{ m/s} \quad (1)$$

Zadatak 2 (9 bodova)

Označimo sa  $h_A$  visinu sa koje pada tijelo A, sa  $h_B$  visinu sa koje pada tijelo B, sa  $t_A$  vrijeme pada tijela A i sa  $t_B$  vrijeme pada tijela B.

$$h_A = \frac{g}{2} t_A^2, \quad h_B = \frac{g}{2} t_B^2 \quad (1)$$

Uzimajući u obzir da vrijedi  $\Delta h = h_A - h_B$  i  $\Delta t = t_A - t_B$  dobivamo sustav jednažbi:

$$h_A = \frac{g}{2} t_A^2$$

$$h_A - \Delta h = \frac{g}{2} (t_A - \Delta t)^2 \quad (2)$$

Iz prethodne dvije jednažbe dobije se:

$$\Delta h = \frac{g}{2} (2t_A \Delta t - \Delta t^2) \Rightarrow t_A = \frac{\Delta t}{2} + \frac{\Delta h}{g \Delta t} \quad (3)$$

Uvrštavanjem se dobije:

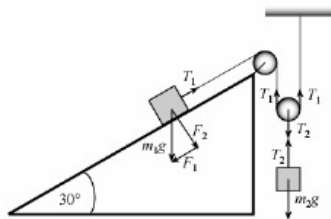
$$t_A = 3.31 \text{ s} \quad (1)$$

Uvrštavanjem izraza za vrijeme pada dobivaju se visine sa kojih su tijela pala:

$$h_A = \frac{g}{2} \left( \frac{\Delta t}{2} + \frac{\Delta h}{g \Delta t} \right)^2 = 53.7 \text{ m} \quad (1)$$

$$h_B = h_A - \Delta h = 38.7 \text{ m} \quad (1)$$

### Zadatak 3 (9 bodova)



Pretpostavimo da se tijelo mase  $m_1$  giba uz kosinu, a tijelo mase  $m_2$  prema dolje. Primjenom drugog Newtonovog zakona dobivamo sljedeće jednadžbe:

$$m_1 a_1 = T_1 - F_1 \quad (1)$$

$$m_2 a_2 = m_2 g - T_2 \quad (1)$$

$$T_2 = 2T_1 \quad (1)$$

Ako se tijelo mase  $m_2$  pomakne za  $s$ , u istom vremenskom intervalu će se tijelo mase  $m_1$  pomaknuti za  $2s$ . Prema tome

sljedi da je akceleracija prvog tijela dvostruko veća od akceleracije drugog tijela:

$$a_1 = 2a_2 \quad (1)$$

Komponenta težine tijela  $m_1$  paralelna kosini može se odrediti iz sličnosti trokuta te iznosi:

$$F_1 = \frac{m_1 g}{2} \quad (1)$$

Uvrštavanjem se dobije sljedeći sustav jednadžbi:

$$2m_1 a_2 = T_1 - \frac{m_1 g}{2}$$

$$m_2 a_2 = m_2 g - 2T_1$$

Rješavanjem se dobije konačan izraz za akceleraciju tijela mase  $m_2$ :

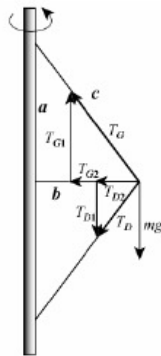
$$a_2 = \frac{m_2 - m_1}{4m_1 + m_2} g \quad (3)$$

Uvrštavanjem se dobije:

$$a_2 = 4.36 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

Smjer ubrzanja je prema dolje kao što smo i pretpostavili na početku.

### Zadatak 4 (11 bodova)



Označimo stranice pravokutnog trokuta sa  $a$ ,  $b$ ,  $c$  kao na slici. Tada je duljina katete  $b$  jednaka:

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = 0.75 \text{ m}$$

Dijagram sila prikazan je na slici. Pomoću sličnosti trokuta odredimo komponente sile napetosti gornje niti  $T_G$  i komponente sile napetosti donje niti  $T_D$ :

$$T_{G1} : T_G = a : c \Rightarrow T_{G1} = \frac{4}{5} T_G$$

$$T_{G2} : T_G = b : c \Rightarrow T_{G2} = \frac{3}{5} T_G$$

$$T_{D1} : T_D = a : c \Rightarrow T_{D1} = \frac{4}{5} T_D$$

$$T_{D2} : T_D = b : c \Rightarrow T_{D2} = \frac{3}{5} T_D \quad (1)$$

a) Ukupna sila u okomitom smjeru je jednaka nuli:

$$T_{G1} - T_{D1} - mg = 0$$

$$\frac{4}{5}T_G - \frac{4}{5}T_D - mg = 0 \Rightarrow T_D = T_G - \frac{5}{4}mg \quad (2)$$

Uvrštavanjem se dobije:

$$T_D = 30.95 \text{ N} \quad (1)$$

b) Ukupna sila u horizontalnom smjeru jednaka je centripetalnoj sili:

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{b} = T_{G2} + T_{D2} = \frac{3}{5}(T_G + T_D)$$

Slijedi da je brzina tijela jednaka:

$$v = \sqrt{\frac{3b(T_G + T_D)}{5m}} \quad (2)$$

Uvrštavanjem:

$$v = 3.53 \text{ m/s} \quad (1)$$

c) Ako je napetost donje niti jednaka nuli, vrijedi:

$$T_{G1} - mg = 0$$

$$\frac{4}{5}T_G - mg = 0 \Rightarrow T_G = \frac{5}{4}mg \quad (1)$$

Također vrijedi:

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{b} = T_{G2} = \frac{3}{5}T_G = \frac{3}{4}mg \quad (1)$$

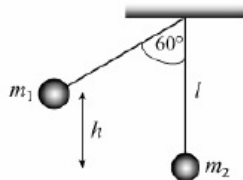
Slijedi da je tražena brzina jednaka:

$$v' = \sqrt{\frac{3}{4}gb} \quad (1)$$

Uvrštavanjem se dobije:

$$v' = 2.35 \text{ m/s} \quad (1)$$

#### Zadatak 5 (11 bodova)



Brzinu prve kuglice prije sudara odredimo iz zakona očuvanja energije:

$$m_1gh = \frac{m_1v_1^2}{2} \quad (1)$$

Sa slike je očito da je visina  $h$  jednaka polovici duljine niti  $h = l/2$

$$m_1g \frac{l}{2} = \frac{m_1v_1^2}{2} \Rightarrow v_1^2 = gl \quad (1)$$

Zakon očuvanja količine gibanja za elastični sudar kuglica glasi:

$$m_1v_1 = m_1v_1' + m_2v_2' \quad (1)$$

Zakon očuvanja energije:

$$\frac{m_1v_1^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2} \quad (1)$$

Iz zakona očuvanja energije dobije se:

$$m_1(v_1^2 - v_1'^2) = m_2v_2'^2$$

Brzina druge kuglice nakon sudara odredi se iz zakona očuvanja količine gibanja:

$$v_2' = \frac{m_1}{m_2}(v_1 - v_1') \quad (1)$$

Uvrštavanjem u prethodni izraz dobije se:

$$m_1 (v_1 - v_1') (v_1 + v_1') = m_2 \frac{m_1^2}{m_2^2} (v_1 - v_1')^2$$

Sređivanjem prethodnih izraza dobiju se konačni izrazi za brzine kuglica nakon sudara:

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{gl} \quad (2)$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \sqrt{gl} \quad (2)$$

Visine na koju se kuglice popnu nakon sudara odrede se iz zakona očuvanja energije:

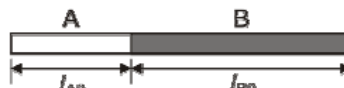
$$m_1 g h_1 = \frac{m_1 v_1'^2}{2} \Rightarrow h_1 = \frac{v_1'^2}{2g} = \frac{l}{2} \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 = 1 \text{ cm} \quad (1)$$

$$m_2 g h_2 = \frac{m_2 v_2'^2}{2} \Rightarrow h_2 = \frac{v_2'^2}{2g} = \frac{l}{2} \left( \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 = 4 \text{ cm} \quad (1)$$

**ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007**  
Srednje škole – 2. grupa

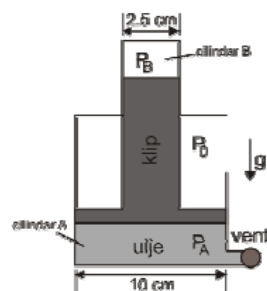
**1. zadatak** (10 bodova)

Metalni štap A dug 30 cm produlji se za 0.065 cm kad mu se temperatura poveća s 0°C na 100°C. Štap B napravljen od nekog drugog metala, ali jednake duljine kao A (na 0°C) produlji se za 0.035 cm za jednako povećanje temperature (od 0°C do 100°C). Treći štap (C), također duljine 30 cm (na 0°C) je napravljen od dva komada (početnih duljina  $l_{A0}$  i  $l_{B0}$ ) štapova A i B spojenih na krajevima (slika). Za povišenje temperature od 0°C do 100°C ovaj štap se produlji za 0.058 cm. Izračunajte duljinu (na 0°C) dijelova od kojih je sastavljen treći štap ( $l_{A0}$  i  $l_{B0}$ ).



**2. zadatak** (10 bodova)

Dva cilindra (A i B) su povezana klipom kao na slici. Cilindar A se koristi kao hidraulička dizalica i tlak ulja unutra je  $P_A = 500$  kPa (ulje je ubrizgano pomoću ventila s desne strane slike koji je zatim zatvoren). Masa klipa je 25 kg i sustav se nalazi u gravitacijskom polju (slika). Koliki je tlak plina  $P_B$  u cilindru B? Promjer cilindra B je 2.5 cm, a cilindra A 10 cm. Atmosferski tlak  $P_0 = 100$  kPa.



**3. zadatak** (10 bodova)

Zrak (uglavnom dvoatomne molekule) na temperaturi 27°C i atmosferskom tlaku se uvlači u pumpu za bicikl koja ima cilindar unutrašnjeg promjera 2.5 cm i duljinu 50 cm. Pritiskanjem klipa pumpe iz najvišeg položaja u donji položaj zrak se adijabatski komprimira pri čemu tlakomjer na pumpi pokaže 800 kPa prije nego što uđe u gumu. Izračunajte

- volumen komprimiranog zraka
- temperaturu komprimiranog zraka

Što ako je pumpa od čelika, a debljina stijenke 2 mm. Pretpostavite da se dozvoli da 4 cm duljine cilindra dođe u termičku ravnotežu s komprimiranim zrakom.

- Koliko će se povisiti temperatura stijenke?

Atmosferski tlak je 101.3 kPa, a toplinski kapaciteti zraka pri konstantnom tlaku i volumenu su, redom,  $C_p = 7/2 \cdot R$  i  $C_v = 5/2 \cdot R$  ( $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ). Toplinski kapacitet čelika je  $c = 448 \text{ J kg}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Gustoća čelika je  $7860 \text{ kg/m}^3$ .

NAPOMENA: tlakomjer pumpe pokazuje za koliko je tlak u cilindru pumpe veći od vanjskog, atmosferskog tlaka, odn. pokazuje razliku tlaka unutar pumpe i vanjskog tlaka.

**4. zadatak** (10 bodova)

U zatvorenom cilindru nalaze se tri klipa, koji ga dijele u četiri dijela (slika). U svakom dijelu nalazi se plin s odgovarajućim parametrima stanja (tlak, volumen, temperatura):  $P_1, V_1, T_1$ ,  $P_2, V_2, T_1$ ,  $P_3, V_3, T_1$ ,  $P_4, V_4, T_1$ . U jednom trenutku klipovi se počinju

$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
$T_1$	$T_1$	$T_1$	$T_1$

gibati (bez trenja) sve do uspostavljanja stacionarnog stanja. Nakon toga temperatura u svim dijelovima je  $T_2$ . Koliki je tada tlak plina u pojedinim dijelovima cilindra i koliki su volumeni odgovarajućih dijelova?

**5. zadatak** (10 bodova)

Balon s vrućim zrakom lebdi zbog toga što je topli zrak na atmosferskom tlaku rjeđi od hladnog zraka na istom tlaku. Ako je volumen balona  $500\text{m}^3$  a okolni zrak je na temperaturi od  $15^\circ\text{C}$ , kolika najmanja mora biti temperatura zraka u balonu da bi on mogao podići teret od  $290\text{kg}$  (pored mase toplog zraka)? Gustoća zraka na  $15^\circ\text{C}$  i atmosferskom tlaku je  $1.23\text{kg/m}^3$ .

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007

Srednje škole – 2. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

**1. zadatak**

Uvedimo sljedeće oznake:  $l_0 = 30 \text{ cm}$ ,  $\Delta l_A = 0.065 \text{ cm}$ ,  $\Delta l_B = 0.035 \text{ cm}$ ,  $\Delta l_{AB} = 0.058 \text{ cm}$ .

Duljine štapova A i B za povećanje temperature  $\Delta T = 100^\circ\text{C}$  iznose

$$\begin{aligned} l_A &= l_0 (1 + \alpha_A \Delta T) \\ l_B &= l_0 (1 + \alpha_B \Delta T) \end{aligned} \quad [1 \text{ bod}] \quad (1)$$

gdje su s  $\alpha_A$  i  $\alpha_B$  označeni koeficijenti linearnog rastezanja metala, redom, A i B. Ako se izraze  $\alpha_A$  i  $\alpha_B$  iz (1) dobije se

$$\begin{aligned} \alpha_A &= \frac{l_A - l_0}{l_0 \Delta T} = \frac{\Delta l_A}{l_0 \Delta T} \\ \alpha_B &= \frac{l_B - l_0}{l_0 \Delta T} = \frac{\Delta l_B}{l_0 \Delta T} \end{aligned} \quad [1 \text{ bod}] \quad (2)$$

S  $l_{A0}$  i  $l_{B0}$  su, redom, označene početne duljine štapova A i B od kojih je sastavljen štap C. Produljenje ovog štapa uz zagrijavanje  $\Delta T = 100^\circ\text{C}$  je

$$\Delta l_{AB} = l'_B - l_{B0} + l'_A - l_{A0} = \alpha_B l_{B0} \Delta T + \alpha_A l_{A0} \Delta T \quad [2 \text{ boda}] \quad (3)$$

S  $l'_A$  i  $l'_B$  su, redom, označene duljine dijelova A i B od kojih je sastavljen štap C (na temperaturi  $100^\circ\text{C}$ ).

U ovaj izraz treba uvrstiti (2) čime se dobije

$$\Delta l_{AB} = \Delta l_B \frac{l_{B0}}{l_0} + \Delta l_A \frac{l_{A0}}{l_0} \quad [2 \text{ boda}] \quad (4)$$

Također, vrijedi

$$l_0 = l_{A0} + l_{B0} \quad [1 \text{ bod}] \quad (5)$$

Ovo je sustav dvije jednačbe s dvije nepoznanice ( $l_{A0}$  i  $l_{B0}$ ) koji, kad se riješi, daje

$$\begin{aligned} l_{A0} &= \boxed{23 \text{ cm}} \\ l_{B0} &= \boxed{7 \text{ cm}} \end{aligned} \quad [3 \text{ boda}] \quad (6)$$

**2. zadatak**

U ravnotežnom stanju mora biti ukupna sila na klip jednaka nuli. Sile na klip u vertikalnom smjeru (smjer  $g$ ) su

$$P_B A_B + m_{\text{KLIP}} g + P_0 (A_A - A_B) = P_A A_A \quad [5 \text{ bodova}] \quad (7)$$

gdje su površine poprečnih presjeka šireg i užeg dijela klipa, redom,

$$\begin{aligned} A_A &= \frac{\pi}{4} \cdot 0.1^2 \approx 0.00785 \text{ m}^2 \\ A_B &= \frac{\pi}{4} \cdot 0.025^2 \approx 0.000491 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad [2 \text{ boda}] \quad (8)$$

Lako se dobije

$$P_B = \frac{P_A A_A - m_{\text{KLIP}} g - P_0 (A_A - A_B)}{A_B} \approx \boxed{6 \text{ MPa}} \quad [3 \text{ boda}] \quad (9)$$

### 3. zadatak

Početni volumen je

$$V_p = \pi \left( \frac{2.50 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot 0.5 \text{ m} \approx 2.45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \quad [1 \text{ bod}] \quad (10)$$

Količina zraka u cilindru je

$$n = \frac{P_p V_p}{RT_p} \approx 9.96 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad [1 \text{ bod}] \quad (11)$$

gdje je  $P_p = 101.3 \text{ kPa}$ ,  $T_p = 300.15 \text{ K}$ . Konačni tlak (nakon adijabatske kompresije) je

$$P_k = 101.3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa} = 901.3 \text{ kPa} \quad [1 \text{ bod}] \quad (12)$$

a) Proces je adijabatski, pa je ( $\gamma = 7/5$ )

$$P_p V_p^\gamma = P_k V_k^\gamma \Rightarrow V_k = V_p \left( P_p / P_k \right)^{1/\gamma} \approx \boxed{5.14 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3} \quad [2 \text{ boda}] \quad (13)$$

b) Konačna temperatura je dana s

$$T_k = T_p \left( \frac{P_p}{P_k} \right)^{\frac{1}{\gamma} - 1} \approx \boxed{560 \text{ K}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (14)$$

c) Rad koji se obavi nad plinom tijekom kompresije je jednak promjeni unutrašnje energije zraka (proces je adijabatski tj.  $\Delta Q = 0$ ,  $\Delta T = 560 \text{ K} - 300.15 \text{ K} = 259.85 \text{ K}$ )

$$\Delta U = n C_V \Delta T \approx \boxed{53.8 \text{ J}} \quad (15)$$

Sad se pretpostavi da se zbog razlike temperatura toplina preda jednom dijelu unutrašnje stijenke (dok se zrak drži na konstantnom volumenu). Vanjski promjer pumpe je  $25 \text{ mm} + 2 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 29 \text{ mm}$ , pa je volumen stijenke

$$\pi \left[ (14.5 \cdot 10^{-3})^2 - (12.5 \cdot 10^{-3})^2 \right] \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 6.79 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (\text{razlika volumena cilindra promjera}$$

$29 \text{ mm}$  i  $25 \text{ mm}$ , jednakih visina) odnosno masa je  $\rho V = 7.86 \cdot 10^3 \cdot 6.79 \cdot 10^{-6} \approx 53.4 \text{ g}$ .

Prema zakonu o očuvanju energije – ukupni proces

$$\Delta U = n C_V \Delta T_2 + mc \Delta T_2 = 9.97 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 (T_{k2} - 300.15 \text{ K}) + 53.4 \cdot 10^{-3} \cdot 448 (T_{k2} - 300.15 \text{ K}) \quad (16)$$

(gdje je s  $\Delta T_2$  označena promjena temperature stijenke zbog predaje topline) [2 boda] slijedi

$$T_{k2} - 300.15 \text{ K} \approx \boxed{2.24 \text{ K}} \quad [1 \text{ bod}] \quad (17)$$

NAPOMENA:

Zakon o očuvanju energije se može napisati i ovako (predaja topline od toplog zraka stijenci)

$$(560 - T_{k2}) \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314 \cdot 9.96 \cdot 10^{-3} = 448 \cdot (T_{k2} - 300.15) \cdot 53.4 \cdot 10^{-3} \quad (18)$$

što vodi na (17).

#### 4. zadatak

Označimo s  $P_1, V_1, T_1$ ,  $P_2, V_2, T_2$ ,  $P_3, V_3, T_3$  i  $P_4, V_4, T_4$  tlakove, volumene i temperature u pojedinim dijelovima cilindra (redom slijeva nadesno) nakon uspostavljanja stacionarnog stanja. Očito, stacionarno stanje se uspostavlja kad je

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P \quad [2 \text{ boda}] \quad (19)$$

Ukupni volumen je ostao isti tj.

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_1' + V_2' + V_3' + V_4' = \text{konst.} \quad [2 \text{ boda}] \quad (20)$$

Količina plina u pojedinim dijelovima je nepromijenjena odnosno (prema jednadžbi stanja idealnog plina)

$$n_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{P V_1'}{RT_2} \Rightarrow V_1' = \frac{T_2 P_1}{T_1 P} V_1 \quad [2 \text{ boda}] \quad (21)$$

i analogno za  $V_2'$ ,  $V_3'$  i  $V_4'$ . Ovo se uvrsti u (20) i izračuna  $P'$

$$P' = \frac{T_2 P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + P_4 V_4}{T_1 (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)} \quad [2 \text{ boda}] \quad (22)$$

Uvrštavanjem (22) u (21) dobiju se volumeni pripadajućih dijelova

$$V_1' = \frac{P_1 V_1 (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)}{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + P_4 V_4} \quad (23)$$

i analogno za  $V_2'$ ,  $V_3'$  i  $V_4'$  [2 boda].

#### 5. zadatak

Označimo s  $m = 290 \text{ kg}$  masu tereta. Prema Arhimedovom zakonu mora biti

$$F_u = mg + \rho' V g \quad [2 \text{ boda}] \quad (24)$$

gdje je  $\rho'$  gustoća toplog zraka, a  $V$  volumen balona. Vrijedi  $F_u = \rho V g$  [2 boda] (težina istisnutog zraka na temperaturi  $15^\circ\text{C}$ , gdje je  $\rho$  gustoća zraka na  $15^\circ\text{C}$ ). Iz (24) se dobije  $\rho' = \rho - m/V$  [1 bod]. Prema jednadžbi stanja idealnog plina  $PV = nRT = m_{\text{zrak}} RT / M_{\text{zrak}}$  [1 bod] ( $M_{\text{zrak}}$  je molarna masa zraka) slijedi

$$\rho = \frac{m_{\text{zrak}}}{V_{\text{zrak}}} = \frac{PM_{\text{zrak}}}{RT} \quad (25)$$

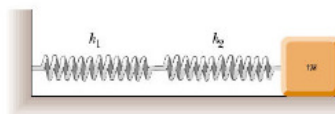
$P$ ,  $M$  i  $R$  su konstante, pa je i umnožak  $\rho T = \text{konst.}$  [2 boda]. Drugim riječima, gustoća je obrnuto proporcionalna temperaturi pa je tražena temperatura

$$T' = T \frac{\rho}{\rho'} = T \left( 1 - \frac{m}{\rho V} \right)^{-1} = \boxed{545 \text{ K}} = \boxed{272^\circ\text{C}} \quad [2 \text{ boda}] \quad (26)$$

**ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007**  
Srednje škole – 3. grupa

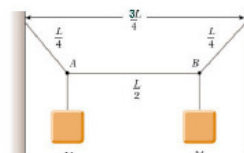
**1. zadatak (10 bodova)**

Drveni blok mase  $m = 1\text{ kg}$  pričvršćen je za dvije opruge, čije konstante su  $k_1 = 40\text{ N/m}$  i  $k_2 = 60\text{ N/m}$ , kao što je prikazano na slici. Malo ga pomaknemo iz položaja ravnoteže i pustimo da se slobodno giba po horizontalnoj podlozi bez trenja. Kakvo gibanje će blok opisivati? Izračunaj period tog gibanja.



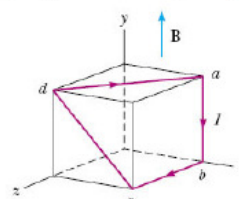
**2. zadatak (10 bodova)**

Krajevi laganog užeta mase  $m = 10\text{ g}$  i duljine  $L = 1\text{ m}$  pričvršćeni su za dva zida, koji su međusobno udaljeni  $D = 0.75\text{ m}$ . Dva objekta istih masa,  $M = 1\text{ kg}$ , obješena su za uže kao što je prikazano na slici. Ukoliko je transverzalni val (puls) poslan iz točke A koliko vremena mu je potrebno da dođe do točke B?



**3. zadatak (10 bodova)**

Na slici je prikazana kocka brida 40 cm. Četiri ravna dijela žice –  $ab$ ,  $bc$ ,  $cd$ , i  $da$  - čine zatvorenu petlju kojom teče električna struja  $I = 5\text{ A}$ , u smjeru kao što je prikazano na slici. Jednolika magnetska indukcija  $B = 0.02\text{ T}$  usmjerena je u smjeru osi  $y$  (slika). Izračunaj iznos i smjer magnetske sile koja djeluje na svaki dio žice.



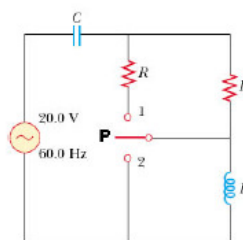
**4. zadatak (10 bodova)**

Savijljiva metalna žica s linearnom gustoćom  $3 \times 10^{-3}\text{ kg/m}$  nategnuta je pomoću dvije stezaljke koje su međusobno udaljene 64 cm, i drže žicu napetu silom napetosti od 267 N. Magnet je stavljen blizu žice kao što je prikazano na slici. Pretpostavi da magnet stvara jednoliku magnetsku indukciju 4.5 mT na području duljine 2 cm oko središta žice i zanemarivo polje izvan tog područja. Žica vibrira osnovnom (najnižom) frekvencijom. Dio žice koji se nalazi u magnetskom polju titra konstantnom amplitudom od 1.5 cm. Izračunaj frekvenciju i amplitudu elektromotorne sile koja se inducira između krajeva žice.



**5. zadatak (10 bodova)**

Kondenzator, zavojnica i dva otpornika jednakih otpora spojeni su u električni krug (izmjenične struje) kao što je prikazano na slici. Izvor izmjeničnog napona daje napon 20 V, frekvencije 60 Hz. Kada je prekidač  $P$  otvoren (kao na slici), krugom teče električna struja 183 mA. Kada je prekidač u položaju 1, krugom teče električna struja 298 mA, a kada je u položaju 2 struja iznosi 138 mA. Odredi otpor  $R$ , induktivitet  $L$  i kapacitet  $C$ .



ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007

Srednje škole – 3. grupa

Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak

Blok će opisivati harmonijsko titranje.

Kada blok pomaknemo za  $x$  u odnosu na položaj ravnoteže, prva opruga rastegnuta će se za  $x_1$ , a druga opruga za  $x_2$ .

Zbog trećeg Newtonovog zakona slijedi:  $k_1 x_1 = k_2 x_2$ . [2 boda]

Također vrijedi sljedeće:  $x_1 + x_2 = x$ , [1 bod]

iz čega proizlazi:  $x_1 = \left[ \frac{k_2}{k_1 + k_2} \right] x$ . [1 bod]



Sila na svaku oprugu je  $F = \left[ \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2} \right] x = ma$ ,

gdje je  $a$  ubrzanje bloka mase  $m$ . [2 boda]

Ovo možemo pisati i u obliku  $F = k_{eff} x = ma$ , [1 bod]

iz čega slijedi  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_{eff}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}}$ . [2 boda]

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti dolazimo do rezultata  $T = 1.3$  s. [1 bod]

2. zadatak

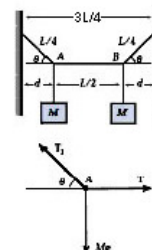
Pogledajmo sile koje djeluju u točki A:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T_1 \sin \theta = Mg, \quad [1 \text{ bod}]$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T_1 \cos \theta = T, \quad [1 \text{ bod}]$$

iz čega dobivamo silu napetosti dijela užeta koji povezuje točke A i B:

$$T = \frac{Mg}{\tan \theta}. \quad [2 \text{ boda}]$$



Kut  $\theta$  određujemo iz sljedeće relacije:  $\cos \theta = \frac{L/8}{L/4} = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ$ .

[1 bod]

Brzina transverzalnih valova u ovom dijelu žice je:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{Mg / \tan \theta}{m/L}} = \sqrt{\frac{MgL}{m \tan \theta}}, \quad [2 \text{ boda}]$$

a vrijeme potrebno da bi puls došao od točke A do točke B je:

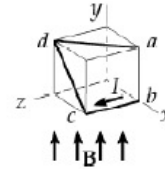
$$t = \frac{L/2}{v} = \sqrt{\frac{mL \tan \theta}{4Mg}}. \quad [2 \text{ boda}]$$

Nakon uvrštavanja podataka dolazimo do traženog rješenja:  $t = 0.02$  s. [1 bod]

### 3. zadatak

Za svaki dio žice vrijedi  $I = 5 \text{ A}$ , i  $\vec{B} = 0.02 \text{ T } \hat{j}$ .

Dio	$L$	$\vec{F}_B = I(\vec{l} \times \vec{B})$	[2 boda]
$ab$	$-0.4 \text{ m } \hat{j}$	$0$	[2 boda]
$bc$	$0.4 \text{ m } \hat{k}$	$40 \text{ mN } (-\hat{i})$	[2 boda]
$cd$	$-0.4 \text{ m } \hat{i} + 0.4 \text{ m } \hat{j}$	$40 \text{ mN } (-\hat{k})$	[2 boda]
$da$	$0.4 \text{ m } \hat{i} - 0.4 \text{ m } \hat{k}$	$40 \text{ mN } (\hat{k} + \hat{i})$	[2 boda]



### 4. zadatak

Brzina valova na žici je  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{267}{3 \times 10^{-3}}} = 298 \text{ m/s}$ . [1 bod]

U osnovnom stanju stojnog vala:

$d_{ss} = 0.64 \text{ m} = \frac{\lambda}{2}$ ,  $\lambda = 1.28 \text{ m}$ . ( $d_{ss}$  označava udaljenost među stezaljkama) [1 bod]

i)  $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{298}{1.28} = 233 \text{ Hz}$ . [1 bod]

i) Promjena magnetskog toka kroz krug koji sadrži žicu će tjerati električnu struju prema lijevo kada se žica kreće prema gore i prema desno kada se žica kreće prema dolje. Elektromotorna sila će imati jednaku frekvenciju, 233 Hz. [2 boda]

ii) Vertikalna koordinata središta žice dana je s:  $x = A \cos \omega t = (1.5 \text{ cm}) \cos(2\pi \cdot 233 t/s)$ , [1 bod]

a brzina je dana s:  $v = -(1.5 \text{ cm})(2\pi \cdot 233 /s) \sin(2\pi \cdot 233 t/s)$  [1 bod]

Maksimalna brzina je  $1.5 \text{ cm}(2\pi \cdot 233 /s) = 22 \text{ m/s}$ . [1 bod]

Inducirana elektromotorna sila je  $\varepsilon = -Blv$ , s amplitudom  $\varepsilon_{\max} = Blv_{\max} = 4.5 \times 10^{-3} \text{ T} \cdot (0.02 \text{ m}) \cdot 22 \text{ m/s} = 1.98 \times 10^{-3} \text{ V}$ . [2 boda]

### 5. zadatak

Kutna frekvencija je  $\omega = 2\pi 60 \text{ s}^{-1} = 377 \text{ s}^{-1}$ . [1 bod]

Kada je prekidač otvoren,  $R$ ,  $L$  i  $C$  su spojeni serijski s izvorom:

$R^2 + (X_L - X_C)^2 = \left(\frac{\Delta V_s}{I}\right)^2 = \left(\frac{20}{0.183}\right)^2 = 1.194 \times 10^4 \Omega^2$ . [1 bod]

Kada je prekidač u položaju 1, imamo dva paralelno spojena otpora  $R$  (što daje ekvivalentni otpor  $\frac{R}{2}$ ), koji su spojeni u seriju s  $L$  i  $C$ :

$$\left(\frac{R}{2}\right)^2 + (X_L - X_C)^2 = \left(\frac{20}{0.298}\right)^2 = 4.504 \times 10^3 \Omega^2. \quad [1 \text{ bod}]$$

Kada je prekidač u položaju 2, električna struja ne teče kroz zavojnicu.  $R$  i  $C$  su spojeni u seriju s izvorom:

$$R^2 + X_C^2 = \left(\frac{20}{0.137}\right)^2 = 2.131 \times 10^4 \Omega^2. \quad [1 \text{ bod}]$$

$$\text{Sređivanjem dolazimo do: } \frac{3}{4}R^2 = 7.44 \times 10^3 \Omega^2 \Rightarrow R = 99.6 \Omega. \quad [1 \text{ bod}]$$

$$\text{Nadalje, } X_C = [2.131 \times 10^4 - 99.6^2]^{1/2} \Omega = 106.7 \Omega = \frac{1}{\omega C}. \quad [1 \text{ bod}]$$

$$C = (\omega X_C)^{-1} = [377 \cdot 106.7]^{-1} = 2.49 \times 10^{-5} \text{ F}. \quad [1 \text{ bod}]$$

$$\text{I, još: } X_L - X_C = \pm [1.194 \times 10^4 - (99.6)^2]^{1/2} = \pm 44.99 \Omega \quad [1 \text{ bod}]$$

$$X_L = 106.7 \Omega \pm 44.99 \Omega = 61.74 \Omega \text{ ili } 151.7 \Omega = \omega L. \quad [1 \text{ bod}]$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = 0.164 \text{ H ili } 0.402 \text{ H. Moguća su oba rješenja.} \quad [1 \text{ bod}]$$

(Kod rješavanja kvadratnih jednadžbi uzeta su u obzir samo pozitivna, tj. fizikalno moguća rješenja.)

**ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007**  
**Srednje škole – 4. grupa**

**1. zadatak** (8 bodova)

Fotografskim aparatom čiji je objektiv žarišne daljine 5cm fotografira se letjelica u pokretu udaljena 500m od fotoaparata. Letjelica se giba okomito na smjer snimanja brzinom 2km/s. Koliko je najdulje moguće trajanje izloženosti fotografskog filma svjetlosti (tzv. ekspozicija) da pomicanje slike na fotografskom filmu ne bude veće od 100 $\mu$ m?

**2. zadatak** (9 bodova)

Pomoću spektrometra s optičkom rešetkom koja ima 600 zarezova po milimetru promatra se spektar zračenja crnog tijela. Zastor je udaljen 50cm od rešetke. Na udaljenosti 15cm od središnje svijetle točke na zastoru opaža se maksimum intenziteta prvog reda. Zastor i rešetka okomiti su na spojnicu njihovih središta i svjetlost upada okomito na rešetku. Kolika je temperatura crnog tijela? Što se još vidi na zastoru?

**3. zadatak** (10 bodova)

Spektar dopuštenih energija elektrona vezanog u nekom sustavu dan je formulom  $E_n = -U/n$ . Najmanja valna duljina fotona kojim treba obasjati taj sustav da bi kinetička energija oslobođenog elektrona bila 10eV iznosi 88nm. Koliki je  $U$ ?

Kolikom najvećom valnom duljinom fotona se iz osnovnog stanja može pobuditi elektron? Širina (neodređenost) valne duljine tog fotona smije biti 0,000004nm. Zanimarite neodređenost energije osnovnog stanja. Koliko je karakteristično vrijeme života tog pobuđenog stanja elektrona prije povratka u osnovno stanje?

**4. zadatak** (11 bodova)

Pobjeđujući u međuzvezdanoj utrci pilot vozi svoj svemirski brod kroz cilj brzinom 0,6c relativno s obzirom na cilj ( $c$  je brzina svjetlosti). U trenutku kad prednji kraj broda u referentnom sustavu pilota prolazi kroz cilj (događaj A), pilot sa stražnjeg kraja broda pošalje pobjednički svjetlosni signal (događaj B). Pilot mjeri duljinu svog broda 300m. Koliku duljinu broda mjeri sudac? Sudac miruje uz cilj. Kada i gdje sudac u svom referentnom sustavu opaža događaje A i B? Jesu li događaji A i B istovremeni u sustavu pilota, a jesu li istovremeni u sustavu suca? Obrazloži je li sudac primio signal prije nego što je prednji kraj broda prošao kroz cilj, to jest kako posebna teorija relativnosti ipak ne omogućava predviđanje događaja?

**5. zadatak** (12 bodova)

Staklena vodoravna planparalelna ploča nalazi se iznad staklene kocke tako da je između njih tanki zračni sloj homogene visine. Zrake svjetlosti valnih duljina od 0,4 $\mu$ m do 1,15 $\mu$ m padaju okomito na ploču, reflektiraju se o obje granične površine zračnog sloja te potom interferiraju. U danom području valnih duljina samo dvije valne duljine daju u takvoj interferenciji maksimume. Jedna od njih je 0,4  $\mu$ m. Kolika je druga od njih? Kolika je debljina zračnog sloja?

Konstante: brzina svjetlosti  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, Planckova konstanta  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Js, elementarni naboj  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C, masa elektrona  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg, Štefan-Boltzmannova konstanta  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Wm<sup>-2</sup>K<sup>-4</sup>, Wienova konstanta  $2,898 \cdot 10^{-3}$  mK

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2006/2007

Srednje škole – 4. grupa  
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (8 bodova)

Iz jednadžbe leće  $\frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{f}$ , gdje je  $x=500\text{m}$  udaljenost letjelice od leće i  $f=5\text{cm}$  njena

žarišna daljina, dobije se udaljenost slike od leće  $x' = \frac{fx}{x-f} = 5\text{cm}$ . (2 boda)

Udaljenost  $y$  predmeta i udaljenost  $y'$  slike od osi leće su u odnosu  $\frac{y}{x} = \frac{y'}{x'}$ . (1 bod)

Slijedi  $y' = \frac{fy}{x-f}$ . (1 bod)

Ako je brzina gibanja predmeta  $v = \frac{\Delta y}{\Delta t} = 5000\text{m/s}$ , onda je brzina gibanja slike

$v' = \frac{\Delta y'}{\Delta t} = \frac{f}{x-f} \cdot v$ . (2 boda)

Unutar vremena ekspozicije  $\Delta t$  slika se smije pomaknuti najviše za  $\Delta y' = 0,1\text{mm}$  pa je

$\Delta t = \frac{\Delta y'}{vf} (x-f) = 0,5\text{ms}$ . (2 boda)

2. zadatak (9 bodova)

Spektar zračenja crnog tijela temperature  $T$  raspodijeljen je po valnim duljinama tako da najveći intenzitet pripada valnoj duljini određenoj s  $\lambda_M \cdot T = C_w$ , gdje je  $C_w = 2,898 \cdot 10^{-3}\text{Km}$  Wienova konstanta. (1 bod)

Svjetlost valne duljine  $\lambda$  difrakcijom na rešetki perioda  $d$  dat će maksimum pod kutom određenim s  $d \sin \theta = k\lambda$ . Kod nas je  $d = 1\text{mm}/600 = 1,667\mu\text{m}$  i promatramo prvi red difrakcije  $k=1$ . (2 boda)

Različite valne duljine iz spektra difraktirat će se pod različitim kutovima tako da će difrakcijska slika na zastoru sadržavati kontinuiranu raspodjelu po kutu s tim da intenziteti različitih valnih duljina, to jest za različite kutove, neće biti jednaki, već raspodijeljeni u skladu sa spektrom zračenja crnog tijela. (3 boda)

Najveći intenzitet ostvaren je pod kutom danim s  $\sin \theta = \frac{15\text{cm}}{\sqrt{(15\text{cm})^2 + (50\text{cm})^2}} = 0,2873$  na

kojem se pojavljuje valna duljina  $\lambda_M = d \sin \theta = 479\text{nm}$ . (2 boda)

Pri toj valnoj duljini najveći intenzitet zrači tijelo temperature  $T = \frac{C_w}{\lambda_M} = 6050\text{K}$ . (1 bod)

3. zadatak (10 bodova)

Najmanja valna duljina fotona odgovara najvećoj energiji fotona, a taj izbacuje elektron iz stanja najniže energije, tj.  $n = 1$  (1 bod).

Očuvanje energije tada glasi  $-\frac{U}{1} + \frac{hc}{\lambda_{\min}} = K$ , gdje je  $K = 10\text{eV}$  kinetička energija izbačenog

elektrona, a  $\lambda_{\min} = 88\text{nm}$ .

(1 bod)

Slijedi  $U = 6,588 \cdot 10^{-19}\text{J} = 4,118\text{eV}$ .

(1 bod)

Foton najveće valne duljine, tj. najmanje energije, pobuđivat će elektron iz osnovnog stanja u

prvo pobuđeno stanje pa je  $\frac{hc}{\lambda_{\max}} = E_2 - E_1 = -\frac{U}{2} - \left(-\frac{U}{1}\right) = \frac{U}{2}$  iz čega slijedi

$$\lambda_{\max} = \frac{2hc}{U} = 603,4\text{nm}.$$

(3 boda)

Zbog širine energijskog stanja od  $\Delta E$  postoji donja granica  $\lambda_1$  i gornja granica  $\lambda_2$  valne duljine fotona čijom apsorpcijom elektron prelazi iz osnovnog u prvo pobuđeno stanje.

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 4 \cdot 10^{-15}\text{m} \ll \lambda_{\max} \text{ pa je } \Delta E = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} \approx \frac{hc \cdot \Delta \lambda}{\lambda_{\max}^2} = 2,18 \cdot 10^{-27}\text{J}.$$

(2 boda)

Iz Heisenbergove relacije neodređenosti slijedi  $\Delta t \geq \frac{\hbar}{\Delta E} = 4,83 \cdot 10^{-8}\text{s}$  kao karakteristično

vrijeme života u prvom pobuđenom stanju.

(2 boda)

#### 4. zadatak (11 bodova)

Sudac mjeri duljinu broda  $l = l_0 \sqrt{1 - u^2/c^2} = 240\text{m}$ , gdje je  $u = 0,6c$ .

(2 boda)

Uzmimo da se sustav suca S u kojem je cilj u ishodištu i sustav pilota S' u kojem je prednja točka broda u ishodištu međusobno podudaraju, to jest  $x=x'=0$ , u trenutku  $t=t'=0$ .

S' se giba brzinom  $u$  s obzirom na S.

U sustavu S' događaj A očito se dogodi u  $x'=0$  i  $t'=0$ , dok se događaj B dogodi u  $t'=0$  i

$x'=-300\text{m}$ .

(2 boda)

Iz Lorentzovih transformacija  $x' = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$  i  $t' = \frac{t - ux/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$  mogu se dobiti  $x$  i  $t$ , tj.

mjesto i vrijeme događaja u sustavu S. Umjesto algebarski, to se može učiniti i uočavanjem da

se sustav S giba s obzirom na sustav S' brzinom  $-u$  pa je  $x = \frac{x' + ut'}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$  i  $t = \frac{t' + ux'/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$ .

(2 boda)

Uvrštavanjem  $u=0,6c=1,8 \cdot 10^8\text{m/s}$  te  $x'=-300\text{m}$  i  $t'=0$  dobije se  $x=-375\text{m}$  u  $t=-7,5 \cdot 10^{-7}\text{s}$  za događaj B, dok je događaj A na  $x=0$  u  $t=0$ .

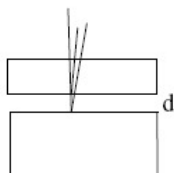
(1 bod)

A i B su istovremeni u S', no nisu u S.

(1 bod)

Čini se da je sudac uočio da je pilot poslao signal prije nego što je prednji kraj broda prošao kroz cilj. No, sudac u svom sustavu opaža da je tada prednji kraj broda na koordinati  $375\text{m} - 240\text{m} = 135\text{m}$ , a gibajući se  $7,5 \cdot 10^{-7}\text{s}$  brzinom  $u=1,8 \cdot 10^8\text{m/s}$  brod prelazi 135m, što upravo toliko koliko treba da prednji kraj broda prođe ciljem u trenutku kad se čuje pobjednički signal. Dakle nema kontradikcije u vezi s predviđanjem događaja. (3 boda)

5. zadatak (12 bodova)



Jedna zraka reflektira se nailaskom iz stakla u zrak, a druga iz zraka u staklo pa druga dobiva pomak od  $\lambda/2$ . Razlika njihovih optičkih putova je stoga  $2d + \lambda/2$  jer je indeks loma zraka 1. (2 boda)

Zrake interferiraju konstruktivno za  $2d + \lambda/2 = k\lambda$ ,  $k=0, 1, 2, \dots$  (1 bod)

Za poznatu valnu duljinu  $\lambda_1=0,4\mu\text{m}$  je  $2d = k_1\lambda_1 - \lambda_1/2$ ,

a za nepoznatu  $\lambda_2$  je  $2d = k_2\lambda_2 - \lambda_2/2$ . (1 bod)

Dijeljenjem proizlazi 
$$\frac{2k_1 + 1}{2k_2 + 1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Budući da  $\lambda_2$  može biti između  $\lambda_1=0,4\mu\text{m}$  i  $\lambda_3=1,15\mu\text{m}$ , ograničenje na  $k_1$  i  $k_2$  je

$$1 \leq \frac{2k_1 + 1}{2k_2 + 1} \leq 2,875 \text{ jer je } \lambda_3/\lambda_1=2,875. \quad (2 \text{ boda})$$

Treba naći one  $k_1$  i  $k_2$  za koje je  $\lambda_2$  jedino rješenje. (1 bod)

Za  $k_1=0$  omjer je manji ili jednak 1 za bilo koji  $k_2$ .

Za  $k_1=1$  omjer je 3, 1, 0,6, ... redom kako uzimamo  $k_2=0, 1, 2, \dots$ , a ništa od toga nije u zadanom intervalu.

Za  $k_1=2$  omjer je 5, 1,67, 1, 0,71, ... redom kako uzimamo  $k_2=0, 1, 2, 3, \dots$ , gdje 1,67 za  $k_2=1$  zadovoljava uvjet omjera.

Za  $k_1=3$  omjer je 7, 2,83, 1,4, 1, 0,78, ... redom kako uzimamo  $k_2=0, 1, 2, 3, 4, \dots$ , gdje 2,83 i 1,4 upadaju u traženi interval.

Za  $k_1=4, 5, 6, \dots$  također postoji više od jednog rješenja.

Stoga je jedino jedinstveno rješenje  $k_1=2$  i  $k_2=1$  za koje je  $\frac{2k_1 + 1}{2k_2 + 1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1,67$  pa je

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot 1,67 = 0,668\mu\text{m}. \quad (3 \text{ boda})$$

Debljina zračnog sloja je dakle  $d = (2k_1 + 1) \frac{\lambda_1}{4} = 0,5\mu\text{m}$ . (2 boda)