

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA  
Gospić, 12.-15. svibnja 2005.

Srednje škole – 1. grupa

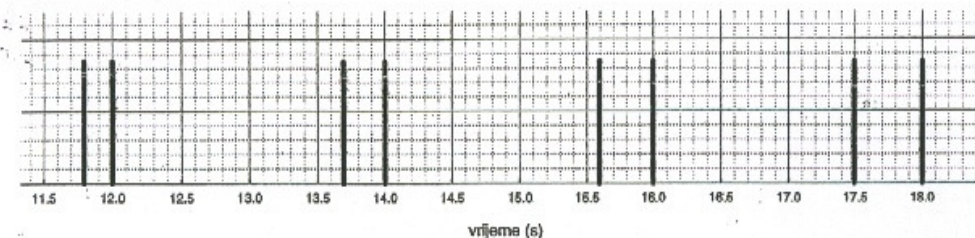
Zadatak 1. (19 bodova)

Nerastezljiva savitljiva nit zanemarive mase položena je na vodoravni stol, okomito na njegov rub. Nit je dugačka 150 cm, a na svakih 10 cm na nju je (počevši od kraja niti) pričvršćena mala kuglica mase 100 g. Jedan kraj niti stavimo tik preko ruba stola i pustimo da se giba pod utjecajem sile teže. Odredite:

- vrijeme potrebno da prva sljedeća kuglica (u odnosu na prvu koju smo stavili tik preko ruba stola) dođe do ruba stola, te njenu brzinu u tom trenutku;
  - brzine šeste i jedanaeste kuglice u trenutku kada one prelaze rub stola.
- (Zanemarite trenje i dimenzije kuglica.)

Zadatak 2. (17 bodova)

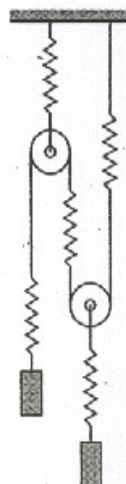
Brod se jednolikom brzinom približava okomitoj stjenovitoj obali. Na brodu se nalaze izvor i prijemnik kratkih (ultra) zvučnih signala: izvor svake 2 sekunde emitira jedan kratki signal ('bip'), a prijemnik registrira dva kratka signala – originalni i povratni koji se odbio od obale (prijemnik ne razlikuje povratni signal od originalnog). Odredite brzinu kojom se brod giba ako je dio grafičkog prikaza svih detektiranih zvučnih signala dan na slici:



(Brzina zvuka iznosi 340 m/s, i ne ovisi o brzini kojom se giba pripadni izvor.)

Zadatak 3. (18 bodova)

Sustav od dva utega, nerastezljive niti zanemarive mase, dvije pomične koloture i pet identičnih opruga (s istom konstantom opruge) nalazi se u ravnoteži u Zemljinom gravitacionom polju (slika). Odredite kako se međusobno odnose produljenja pojedinih opruga. Možete pretpostaviti da je duljina opruga u opuštenom stanju zanemariva. (Zanemarite trenje, te masu kolotura i opruga.)



Zadatak 4. (16 bodova)

U jednom sunčevom sustavu u svemiru postoje dvije, po dimenzijama, iste (kuglaste) planete različite gustoće. Obje planete imaju po jednog manjeg satelit-pratioca, koji se oko planeta gibaju po kružnici istog polumjera. Astronomskim promatranjem je uočeno da za vrijeme dok jedan pratioc napravi 2 kruga oko planeta, drugi pratioc (svoj) planet obiđe tri puta. Odredite kako se međusobno odnose gustoće planeta.

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA  
Gospić, 12.-15. svibnja 2005.

---

Srednje škole – 1. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

**Određivanje mase tijela**

Pribor: kolica (2 kom ), tijelo nepoznate mase, ravnalo, metar

Zadatak: Odrediti masu tijela zadanim priborom

- a) opisati postupak određivanja mase i nacrtati sliku (10 bodova )
- b) izvesti potrebne relacije (10 bodova )
- c) izvršiti mjerenja i rezultate prikazati tablično (8 bodova )
- d) odrediti srednju vrijednost pogreške (2 boda )

---

ukupno: 30 bodova

masa kolica zapisana je na kolicima.

## Srednje škole – 1. grupa – rješenja

## Zadatak 1. (19 bodova)

Ukupni broj kuglica pričvršćenih na nit jest:

$$N = \frac{L}{d} + 1 = \frac{150 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} + 1 = 16 \quad (1)$$

a) Kada prva kuglica pređe ruba stola, čitava nit se – do dolaska druge kuglice do ruba stola – giba konstantnom akceleracijom:

$$Nma = mg \Rightarrow a = \frac{g}{N} \quad (1)$$

Vrijeme potrebno da druga kuglica dođe do ruba stola iznosi:

$$d = \frac{a}{2} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2dN}{g}} \quad (1)$$

a) pripadna brzina u tom trenutku:

$$v_1 = at = \sqrt{2ad} = \sqrt{\frac{2dg}{N}} \quad (2)$$

Uvrštavanjem:

$$t = 0.5657 \text{ s}, \quad v_1 = 0.3536 \text{ m/s} \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (1)$$

$$t = 0.5711 \text{ s}, \quad v_1 = 0.3502 \text{ m/s} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2)$$

b) Brzinu sustava možemo izračunati iz zakon očuvanja energije. U trenutku kada šesta kuglica dolazi na rub, pet kuglica već visi preko ruba. (1)

Njihova potencijalna energija se, u odnosu na početnu smanjila za:

$$\Delta E = mgd(5 + 4 + 3 + 2 + 1) = 5 \times mg(3d) = 15mgd \quad (2)$$

Ta energija se pretvorila u kinetičku:

$$\frac{1}{2}(Nm)v_5^2 = 15mgd \Rightarrow v_5 = \sqrt{\frac{30gd}{N}} \quad (3)$$

Slično se dobiva i za jedanaestu kuglicu:

$$\frac{1}{2}(Nm)v_{10}^2 = mgd(10 + 9 + \dots + 2 + 1) = 55mgd \quad (5)$$

Odatle dobivamo:

$$v_{10} = \sqrt{\frac{110gd}{N}} \quad (1)$$

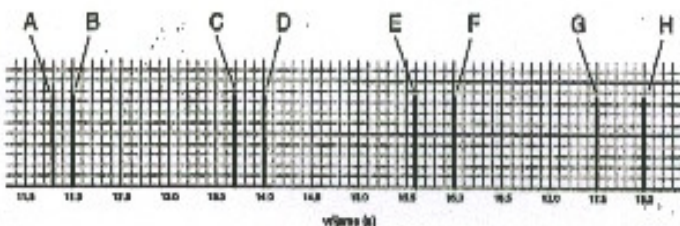
Uvrštavanjem:

$$v_5 = 1.369 \text{ m/s}, \quad v_{10} = 2.622 \text{ m/s} \quad (g = 10 \text{ m/s}^2) \quad (1)$$

$$v_5 = 1.356 \text{ m/s}, \quad v_{10} = 2.597 \text{ m/s} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2)$$

## Zadatak 2. (17 bodova)

Najprije valja na slici uočiti originalne signale – signale koje odašilje uređaj na brodu. To su signali koji se pojavljuju točno svake dvije sekunde, i na slici su označeni slovima B, D,



F i H. (Signali koji su se odbili od stijene su A, C, E i G.)

(2)

Označimo s  $t$  kašnjenje detektiranog signala, u odnosu na poslani. Tada vrijedi:

$$2L = vt + v_z t = (v + v_z) t \quad (3)$$

( $v$  – brzina broda;  $v_z$  – brzina zvuka;  $L$  – udaljenost broda od obale u trenutku emitiranja signala).

Nakon vremena  $\Delta T = 2$  s, brod ponovno odašilje signal, za koji vrijedi izraz sličan prethodnom:

$$2(L - v\Delta T) = (v + v_z)(t - \Delta t) \quad (4)$$

Drugim riječima, u odnosu na početni položaj, udaljenost broda od obale je sada  $L - v\Delta T$ , a pripadno kašnjenje se smanjilo na  $t - \Delta t$ .

Oduzimanjem prethodne dvije jednačbe dobivamo:

$$2v\Delta T = (v + v_z) \Delta t \quad (3)$$

pa se za brzinu broda može napisati:

$$v = \frac{v_z}{\frac{2\Delta T}{\Delta t} - 1} \quad (2)$$

Sa grafa možemo očitati da je vrijeme povratka svakog signala za 0.1 s manje od prethodnog (neovisno kada je taj signal poslan). To znači da je:

$$\Delta t = 0.1 \text{ s} \quad (2)$$

Uvrštavanjem, dobivamo traženo rješenje:

$$v = \frac{340}{39} = 8.718 \text{ m/s} \quad (1)$$

### Zadatak 3. (18 bodova)

Određimo najprije mase utega pomoću činjenice da je sustav u ravnoteži. Drugi Newtonov zakon za lijevi uteg glasi ( $T$  – napetost koju prenosi nit):

$$m_L a = m_L g - T \quad (2)$$

Slično vrijedi za desni uteg:

$$m_D (-a) = m_D g - 2T \quad (2)$$

S obzirom da je  $a = 0$  (ravnoteža!), kombiniranjem gornjih izraza možemo dobiti:

$$m_D = 2m_L \quad (1)$$

S obzirom da nit cijelom svojom duljinom prenosi istu silu  $T$ , produljenja opruga na njoj su ista i iznose:

$$k\Delta x_{nr} = T = m_L g \Rightarrow \Delta x_{nr} = \frac{m_L g}{k} \quad (4)$$

Desni uteg opterećuje pripadnu oprugu svojom težinom, tako da za nju vrijedi:

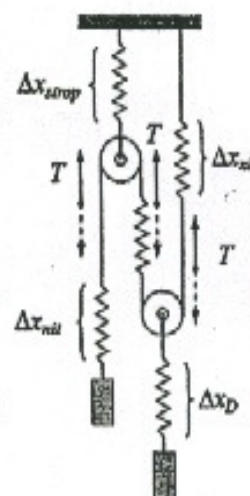
$$k\Delta x_D = m_D g \Rightarrow \Delta x_D = \frac{m_D g}{k} = 2 \frac{m_L g}{k} \quad (4)$$

I na kraju, na oprugu obješenu na strop i pričvršćenu na koloturu djeluje dvostruka sila napetosti  $T$ :

$$k\Delta x_{strop} = 2T = 2m_L g \Rightarrow \Delta x_{strop} = 2 \frac{m_L g}{k} \quad (4)$$

Prema tome, traženi omjer produljenja opruga iznosi:

$$\Delta x_{strop} : \Delta x_D : \Delta x_{strop} = 1 : 2 : 2 \quad (1)$$



DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Gospić, 12.-15. svibnja 2005.

---

Zadatak 4. (16 bodova)

Uvjet da neko manje tijelo (satelit-pratioc) kruži oko planeta jest da centripetalna sila bude jednaka gravitacijskoj:

$$G \frac{mM}{R^2} = \frac{mv^2}{R} = m4\pi^2 f^2 R \quad (2)$$

Odatle dobivamo uvjet:

$$f^2 = \frac{GM}{4\pi^2 R^3} \quad (2)$$

Masu planeta  $M$  možemo napisati preko gustoće kao

$$M = \rho \frac{4}{3} R^3 \pi \quad (2)$$

Uvrštavanjem, dobivamo novi izraz:

$$f^2 = \frac{\rho G}{3\pi} \Rightarrow \rho = \frac{3\pi f^2}{G} \quad (4)$$

Prema tome, gustoće planeta se odnose kao:

$$\rho_1 : \rho_2 = (f_1 : f_2)^2 \quad (2)$$

Iz zadatka nalazimo da je:

$$f_1 : f_2 = 2 : 3 \quad (3)$$

pa dobivamo rješenje:

$$\rho_1 : \rho_2 = (2 : 3)^2 = 4 : 9 \quad (1)$$

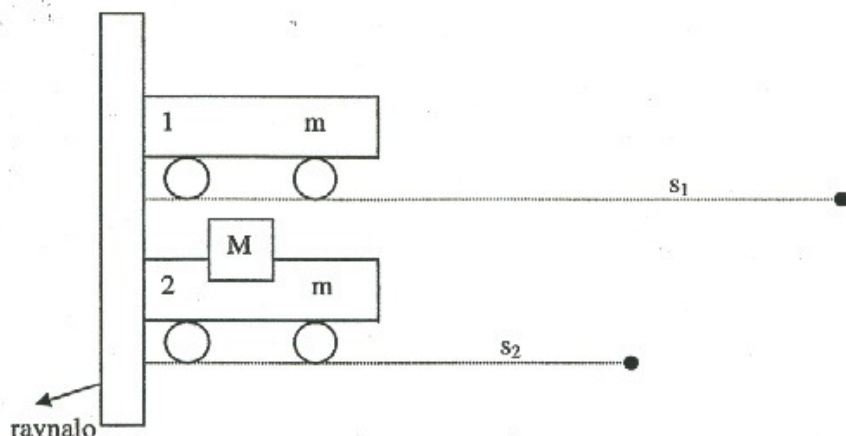
DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA  
Gospić, 12.-15. svibnja 2005.

Srednje škole – 1. grupa

Eksperimentalni zadatak - rješenje

Složimo pribor kao na slici.

a)



Zabilježimo položaj kolica. Ravnalom istodobno udarimo oba kolica. Kolicima smo dali isti impuls sile. Nakon udara kolica imaju jednaku količinu gibanja. Kolica 1 za isto vrijeme prevale veći put nego kolica 2, koja imaju veću masu. ( 8 bodova )

b)

$$(F\Delta t)_{\text{na kolica 1}} = (F\Delta t)_{\text{na kolica 2}} \quad (2 \text{ boda})$$

$$m \cdot v_1 = (m+M) \cdot v_2 \quad (2 \text{ boda})$$

$$m \cdot \frac{s_1}{t} = (m+M) \cdot \frac{s_2}{t} \quad (2 \text{ boda})$$

$$ms_1 - ms_2 = Ms_2 \quad (2 \text{ boda})$$

$$M = \frac{m \cdot (s_1 - s_2)}{s_2} \quad (2 \text{ boda})$$

c) m=

$s_1/m$	$s_2/m$	$M/kg$

d)

srednja vrijednost

$$M = (M_s \pm \Delta M) \text{ kg} \quad (2 \text{ boda})$$