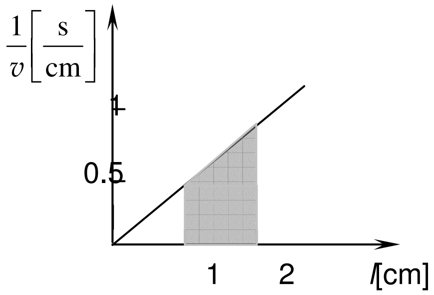
Jugoslovensko društvo fizičara
Ministarstvo prosvjete i nauke Republike Crne Gore
Ministarstvo prosvete i sporta Republike Srbije
Ministarstvo za prosvjetu, nauku i kulturu Republike Srpske
Rešenja zadataka sa 38. Saveznog takmičenja iz fizike
I razred

1. a) Iz uslova zadatka je : $v=\frac{k}{l}$. Dalje je : $k=l_1\cdot v_1=2\frac{\mathrm{cm}^2}{\mathrm{s}}$. Dakle za $l_2=2\ \mathrm{cm}$ je $v_2=1\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$.

   b)

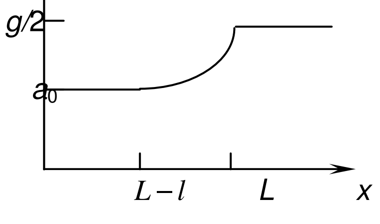


   v) Kako je $v=\frac{\Delta l}{\Delta t}$, to je: $\Delta t=\frac{\Delta l}{v}=\frac{1}{v}\cdot\Delta l$. Traženo vreme je jednako osenčenoj površini na skiciranom grafiku: $t=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}\right)\cdot(l_2-l_1)$ $t=0.75$ s.

2. a) Jednačina kretanja kofera je: $Ma_0=\frac{Mg}{2}-nf_t$, gde je $n=\frac{l}{2r}$ broj valjaka koji se nalaze ispod kofera. Jednačina kretanja cilindra je: $I\alpha=f_t r$. Dalje je: $\frac{m\alpha r}{2}=f_t$. Kako se kofer kreće bez proklizavanja to je: $a_0=\alpha r$. Dalje je: $a_0=\frac{Mg}{2(M+n\frac{m}{2})}$; $a_0=\frac{g}{2+\frac{ml}{2Mr}}$. Donja ivica kofera stigne do glatkog dela strme ravni za vreme $t=\sqrt{\frac{2(L-l)(2+\frac{ml}{2Mr})}{g}}$.

   b) Za $L-l\le x\le L$ na sličan način dobija se: $a(x)=\frac{Mg}{2(M+\frac{n(x)m}{2})}$, gde je $n(x)=\frac{L-x}{2r}$. Dakle: $a=\frac{g}{2+\frac{m}{2M}\left(\frac{L-x}{r}\right)}$. Za $x\ge L$ kofer će celom dužinom preći na glatki deo strme ravni pa je: $a=\frac{g}{2}$.

   v) Grafik zavisnosti ubrzanja od *x* je:



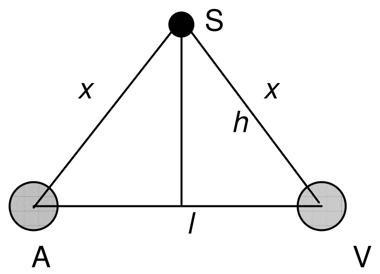
3. a) Na osnovu drugog NJutnovog zakona je: $F_x = \frac{mv_0}{\tau}$. Brzina centra kugle neposredno nakon sudara je:

$v = \frac{F_x \tau}{M} = \frac{mv_0}{M}$.

b)Jednačine kretanja kugle nakon sudara su: $Ma = F_{tr}$; $I\alpha = F_{tr} R$. Dalje je: $a = g\mu$; $\alpha = \frac{5g\mu}{2R}$. Brzina kugle nakon sudara se menja po zakonu: $v(t) = v - g\mu t$. Vreme koje protekne od trenutka sudara do trenutka kada kugla prestane da proklizava po stolu je: $t = \frac{\frac{m}{M} v_0 - v_1}{g\mu}$. Ugaona brzina kugle neposredno nakon sudara je: $\omega = \omega_1 - \alpha t$; $\omega = \frac{7v_1}{2R} - \frac{5mv_0}{2MR}$.

v) Promena momenta impulsa kugle za vreme sudara je na osnovu drugog NJutnovog zakona za rotaciju je: $\frac{I\omega}{\tau} = F_x \frac{R}{2} - F_y \frac{R\sqrt{3}}{2}$. Dalje je: $F_y = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(F_x - \frac{2I\omega}{R\tau}\right)$; $F_y = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{3mv_0}{\tau} - \frac{14Mv_1}{5\tau}\right)$. Brzina metka neposredno nakon sudara je: $v' = \frac{F_y \tau}{m}$; $v' = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(3v_0 - \frac{14M}{5m} v_1\right)$.

4. Dve zvezde rotiraju oko centra mase pri čemu je: $M\omega^2 \frac{l}{2} = \frac{\gamma M^2}{l^2}$ .Sledi: $\omega^2 = \frac{2\gamma M}{l^3}$



Kako trougao AVS na menja dimenzije tokom kretanja to laka planeta S rotira oko zajedničkog centra istom ugaonom brzinom: $m\omega^2 h = \frac{2\gamma mM}{x^2}\frac{h}{x}$. Dalje je: $h\left(1 - \frac{l^3}{x^3}\right)$=0, tj. $h = 0$ ili $x = l$. U prvom slučaju planeta S i zvezde A i V nalaze se na jednoj pravoj, pri čemu je udaljenost planete S do zvezda A i V $x = \frac{l}{2}$. U drugom slučaju planeta S i zvezde A i V nalaze se u temenima jednakostraničnog trougla stranice *l*.

Zadatke pripremio Branislav Cvetković

Recenzent dr. Aleksandar Srećković
Predsednik komisije dr. Mićo Mitrović

РЕШЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ЗАДАТКА ЗА I и I I РАЗРЕД

Користећи формулу за период физичког клатна $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}}$ и Штајнерову теорему $I = I_0 + md^2$ добија се следећа линеарна зависност: $T^2 d = \frac{4\pi^2 I_0}{mg} + \frac{4\pi^2}{g} d^2$, односно $T^2 d = f\left(d^2\right)$. Из вредности коефицијента правца $a = \frac{4\pi^2}{g}$, следи да је $g = \frac{4\pi^2}{a}$. Из вредности одсечка на y - оси $b = \frac{4\pi^2 I_0}{mg}$, следи да је тражена вредност момента инерције клатна у односу на осу која пролази кроз његово тежиште $I_0 = \frac{mgb}{4\pi^2}$.

n	$t_i[\mathrm{s}]$	$d[\mathrm{cm}]$	$\Delta t[\mathrm{s}]$	$t_S[\mathrm{s}]$	$T[\mathrm{s}]$	$T^2 d[\mathrm{s^2 m}]$	$\Delta(T^2 d)[\mathrm{s^2 m}]$	$d^2[\mathrm{cm^2}]$	$\Delta d^2[\mathrm{cm^2}]$
1	9.50 9.43 9.48	12.7	0.04 0.04	9.47	0.947	0.11389 0.104	0.00186 0.0019	161.3 16	2.6 3
2	9.25 9.31 9.34	11.0	0.05 0.05	9.30	0.930	0.09514 0.095	0.00189 0.0019	121 121	2.2 3
3	9.41 9.28 9.34	9.3	0.067 0.07	9.343 9.34	0.9343 0.934	0.08118 0.0812	0.00126 0.0013	86.49 86.5	1.86 1.9
4	9.56 9.56 9.53	7.6	0.02 0.02	9.55	0.955	0.06931 0.0693	0.0012 0.0012	57.76 57.8	1.52 1.6
5	10.28 10.21 10.22	5.5	0.043 0.05	10.237 10.24	1.0237 1.024	0.05764 0.05764	0.00153 0.0016	30.25 30.2	1.1 1.1
6	11.81 11.97 11.91	3.6	0.073 0.08	11.897 11.90	1.1897 1.190	0.051 0.051	0.002 0.002	12.96 13.0	0.72 0.8

Грешке $\Delta\left(T^2 d\right)$ и $\Delta\left(d^2\right)$ се израчунавају као $\Delta\left(T^2 d\right) = T^2 d\left(2\frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta d}{d}\right)$ и $\Delta\left(d^2\right) = 2d \cdot \Delta d$, респективно, при чему су $\Delta T = \frac{\Delta t}{n}$ и $\Delta d = 0.1\,\mathrm{cm}$.

Избором две неексперименталне тачке са праве $T^2 d = f\left(d^2\right)$, нпр. $\mathrm{A}\left(18\mathrm{cm}^2; 0.0525\mathrm{s}^2\mathrm{m}\right)$ и $\mathrm{B}\left(135\mathrm{cm}^2; 0.102\mathrm{s}^2\mathrm{m}\right)$, одређује се коеф. правца као:

$$a = \frac{\left(T^2 d\right)_\mathrm{B} - \left(T^2 d\right)_\mathrm{A}}{d_\mathrm{B}^2 - d_\mathrm{A}^2} = \frac{(0.102 - 0.0525)\mathrm{s}^2\mathrm{m}}{(135 - 18)\mathrm{cm}^2} = 4.23\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta\left(T^2 d\right)_\mathrm{B} + \Delta\left(T^2 d\right)_\mathrm{A}}{\left(T^2 d\right)_\mathrm{B} - \left(T^2 d\right)_\mathrm{A}} + \frac{\Delta\left(d^2\right)_\mathrm{B} + \Delta\left(d^2\right)_\mathrm{A}}{\left(d^2\right)_\mathrm{B} - \left(d^2\right)_\mathrm{A}} = \frac{(0.0189 + 0.002)}{(0.102 - 0.0525)}$$

.

$$\frac{\Delta a}{a} = 0.1102 \;\Rightarrow\; \Delta a = 0.47\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}} \qquad \Rightarrow \quad a = (4.2 \pm 0.5)\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}}$$

Пошто је $a = \dfrac{4\pi^2}{g}$, следи да је $g = \dfrac{4\pi^2}{a}$, а његова апсолутна грешка $\Delta g = g\dfrac{\Delta a}{a}$.

$$g = \frac{4\pi^2}{a} = \frac{4\pi^2}{4.23\,\mathrm{s}^2/\mathrm{m}} = 9.3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \qquad \Rightarrow \qquad \Delta g = g\frac{\Delta a}{a} = 9.3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 0.1102 = 1.03\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$\Rightarrow \quad g = (9 \pm 1)\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Користећи вредност убрзања Земљине теже *g*, и вредности одсечка *b* одређене са графика, може се добити вредност момента инерције клатна у односу на осу која пролази кроз његово тежиште, I_0.

Пошто је $b = \dfrac{4\pi^2 I_0}{mg}$, следи да је $I_0 = \dfrac{mgb}{4\pi^2}$.

Очитана вредност *b* са графика је $b = 0.045\mathrm{s}^2\mathrm{m}$. Грешка очитавања одсечка *b* се одређује помоћу најхоризонталније и највертикалније праве које се могу повући у оквиру интервала грешака и износи $\Delta b = 0.004\mathrm{s}^2\mathrm{m}$ (веће одступање, што је овде случај, или половина укупног интервала).

$$I_0 = \frac{mgb}{4\pi^2} = \frac{15.65\cdot 10^{-3}\mathrm{kg}\cdot 9.3\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot 0.045\mathrm{s}^2\mathrm{m}}{4\pi^2} = 1.66\cdot 10^{-4}\,\mathrm{kgm}^2$$

Апсолутна грешка се израчунава по формули $\Delta I_0 = I_0\left(\dfrac{\Delta g}{g} + \dfrac{\Delta b}{b}\right)$.

$$\Delta I_0 = 1.66\cdot 10^{-4}\,\mathrm{kgm}^2\left(\frac{1.03}{9.33} + \frac{0.004}{0.045}\right) = 0.33\cdot 10^{-4}\,\mathrm{kgm}^2$$

$$I_0 = (1.7 \pm 0.4)\cdot 10^{-4}\,\mathrm{kgm}^2$$