

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
28. - 29. travanj 2021.

srednje škole - 1. grupa

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATAKA
(30 bodova)

Opis mjerenja (4 boda)

Ovo je način kako sam ja zamislio mjerenje. Možda ćete vi naći drugačiji način koji je bolji od mogega.

Pomoću ravnala napraviti stalak tako da se ravnalo postavi vertikalno na stol pomoću plastelina. Donji dio ravnala treba postaviti okomito na kosinu stola. Treba voditi računa o tome da nula na ravnanu obično nije na početku ravnala. Obično je 0,5 cm od početka ravnala. To treba izmjeriti i uzeti u obzir pri mjerenju visine ispuštanja.

Pomoću selotejpa zalijepiti čavao kao pokazivač visine s koje puštamo pikulu.

Pomoću špage i utega napraviti visak i pomoću njega postaviti stalak da stoji vertikalno. Pomoću viska olovkom zacrtati mjesto gdje će pikula padati na stol. Ponekad tijekom mjerenja provjeriti da li stalak stoji vertikalno jer se može s vremenom nagnuti.

Pikulu nije lako ni precizno ispustiti iz ruke. Zato bi bilo dobro uzeti jednu cjevčicu od rastavljene kemijske olovke. Na vrh cjevčice može se staviti pikulu. Drži se cjevčica s pikulom tako da je donji kraj pikule na mjestu pokazivača (čavla). Zatim se cjevčica naglo potegne prema dolje, a pikula ostane u zraku i počne padati slobodnim padom.

Treba paziti da li pikula pada blizu crte na stolu.

Napravit nekoliko pokusnih ispuštanja da se vidi gdje će pikula pasti. Zalijepiti na stol milimetarski papir jer je tako lakše vizualno odrediti gdje je pikula pala.

Prilikom mjerenja na milimetarskom papiru označiti gdje je pikula pala. Drugim ravnalom izmjeriti udaljenost od mjesta gdje je pikula prvi puta udarila u stol do mjesta gdje je drugi puta udarila u stol. Napraviti nekoliko mjerenja radi izračuna pogreške mjerenja.

Nagib stola (1 bod)

Treba izmjeriti visinu početka stola i visinu kraja stola te duljinu stola.

Primjer:

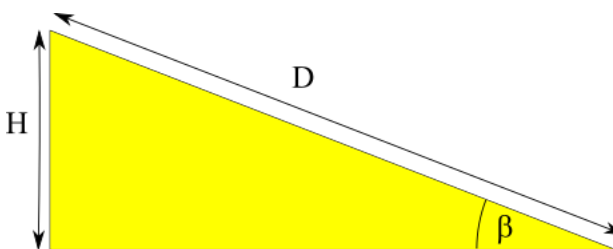
Visina početka stola $H_1 = 76$ cm

Visina kraja stola $H_2 = 93,5$ cm

Razlika u visini stola $H = 17,5$ cm

Duljina stola $D = 125$ cm

$$\sin \beta = \frac{H}{D} = 0,14$$
$$\beta = 8,05^\circ$$



Gubitak mehaničke energije (2 boda)

Iznad stola pikula ima gravitacijsku potencijalnu energiju:

$$E_{gp} = mgh$$

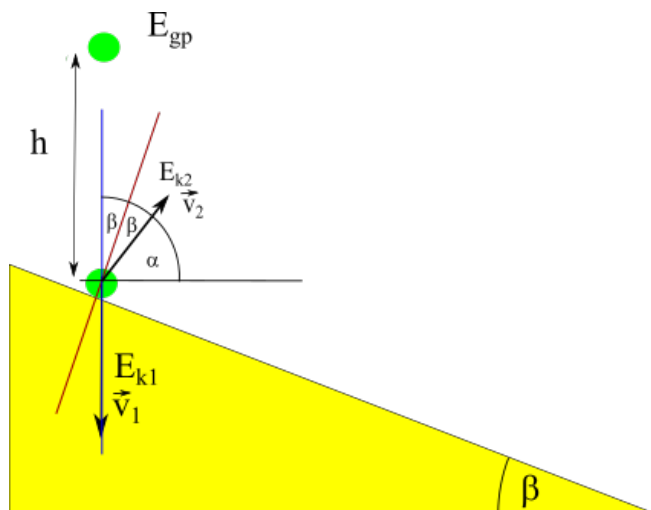
U stol će udariti brzinom v_1 , odnosno imat će kinetičku energiju:

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

Kinetička energija E_{k1} biti će jednaka gravitacijskoj potencijalnoj energiji:

$$E_{k1} = E_{gp}$$

Od stola odbit će se brzinom v_2 i imat će kinetičku energiju u trenutku odbijanja:



$$E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2$$

Gubitak mehaničke energije η biti će:

$$\eta = \frac{E_{k1} - E_{k2}}{E_{k1}}$$

$$\eta = \frac{mgh - \frac{1}{2}mv_2^2}{mgh}$$

$$\eta = 1 - \frac{v_2^2}{2gh}$$

Brzinu v_2 trebamo izračunati iz mjerenja.

Kosi hitac

Pikula će pasti na stol pod kutom β s obzirom na normalu na stol. Pikula u trenutku odbijanja odbit će se pod kutom β s obzirom na normalu, ali s druge strane normale brzinom v_2 .

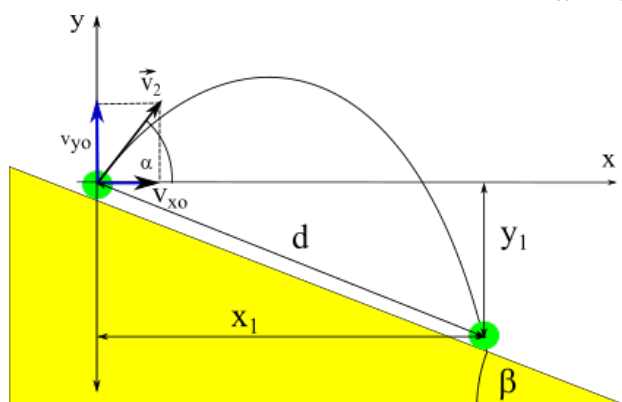
Pikula će se gibati putanjom kosog hica. Smjer početne brzina v_2 s obzirom na horizontalu je α .

Iz primjera:

$$\alpha = 90 - 2\beta$$

$$\alpha = 73,9^\circ$$

(1 bod)



Brzinu v_2 rastavimo na komponente u horizontalnom v_{xo} i vertikalnom smjeru v_{yo} .

$$v_{xo} = v_2 \cos \alpha$$

$$v_{yo} = v_2 \sin \alpha$$

Gibanje možemo smatrati složenim gibanjem. U smjeru x gibanje će biti jednolik pravocrtno.

$$v_x = v_{xo}$$

Po vertikalnom smjeru gibanje će biti jednoliko pravocrtno prema gore brzinom v_{yo} i jednoliko ubrzano prema dolje akceleracijom g .

$$v_y = v_{yo} - gt$$

(1 bod)

Pomak pikule po x osi biti će:

$$x = v_{xo}t = v_2 t \cos \alpha$$

a po y osi:

$$y = v_{yo}t - \frac{1}{2}gt^2 = v_2 t \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2$$

(1 bod)

d je udaljenost između prvog i drugog odskoka pikule. Ta udaljenost se mjeri. x_1 je udaljenost između prvog i drugog odskoka pikule po osi x , a y_1 po osi y .

$$\begin{aligned}x_1 &= d \cos \beta \\y_1 &= -d \sin \beta \\(2 \text{ boda})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_1 &= v_2 t_1 \cos \alpha \\y_1 &= v_2 t_1 \sin \alpha - \frac{1}{2} g t_1^2\end{aligned}$$

t_1 je vrijeme između prvog i drugog odskoka.

$$t_1 = \frac{x_1}{v_2 \cos \alpha}$$

pa je:

$$y_1 = x_1 t g \alpha - \frac{g}{2} \frac{x_1^2}{v_2^2 \cos^2 \alpha}$$

Odatle je brzina v_2 :

$$v_2 = \sqrt{\frac{g}{2(x_1 t g \alpha - y_1)} \frac{x_1}{\cos \alpha}} \\ (2 \text{ boda})$$

Vrijeme od ispuštanja pikule do drugog udara u stol

Vrijeme padanja od ispuštanja pikule od udara u stol t_p :

$$h = \frac{1}{2} g t_p^2$$

$$t_p = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

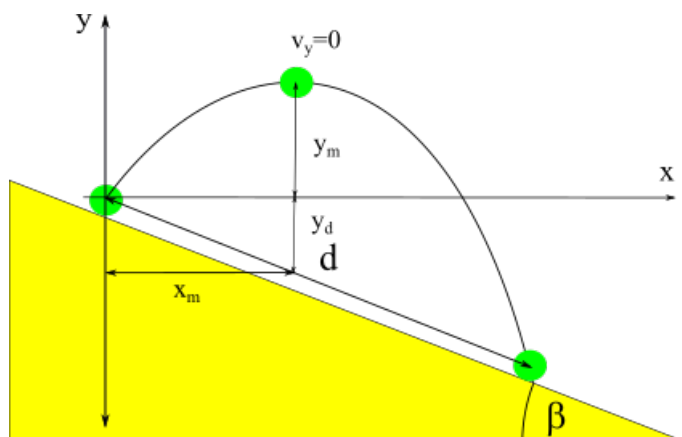
Vrijeme između prvog i drugog udara pikule u stol:

$$t_1 = \frac{x_1}{v_2 \cos \alpha}$$

Ukupno vrijeme:

$$\begin{aligned}t &= t_p + t_1 \\t &= \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{x_1}{v_2 \cos \alpha} \\(2 \text{ boda})\end{aligned}$$

Najviša visinu od stola koju dosegne pikula nakon odskoka



U najvišoj točki nakon prvog odskoka komponenta brzine u y smjeru biti će nula:

$$v_y = 0$$

$$0 = v_{yo} - g t_m$$

$$t_m = \frac{v_{yo}}{g}$$

t_m je vrijeme za koju pikula postigne maksimalnu visinu nakon prvog odskoka.
 y_m je najviša visina od horizontalne osi.

$$y_m = v_{yo} t_m - \frac{1}{2} g t_m^2$$

$$y_m = \frac{1}{2} \frac{v_{yo}^2}{g}$$

$$y_m = \frac{1}{2} \frac{v_2^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

(1 bod)

y_d je udaljenost od horizontale do stola na mjestu najviše visine.

$$y_d = -x_m \tan \beta$$

x_m je udaljenost od udara pikule u stol do najviše visine po x osi.

$$x_m = v_2 t_m \cos \alpha$$

$$x_m = \frac{v_2^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha$$

(1 bod)

$$y_d = -\frac{v_2^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha \tan \beta$$

Najviša visina h_m biti će:

$$h_m = y_m + |y_d|$$

$$h_m = \frac{v_2^2}{g} \sin \alpha \left(\frac{1}{2} \sin \alpha + \cos \alpha \tan \beta \right)$$

(1 bod)

Mjerenje i rezultati mjerenja

U tablici su prikazane izmjerene vrijednosti d između prvog i drugog odskoka te izračunate tražene vrijednosti.

	d/m	x_1 /m	y_1 /m	v_2 /(m/s)	η	$\Delta\eta$	t/s	Δt /s	h_m /m	Δh_m /m
1	0,207	0,205	-0,029	1,90	53,9%	2,3%	0,673	0,010	0,184	0,009
2	0,192	0,190	-0,027	1,83	57,3%	1,0%	0,659	0,004	0,171	0,004
3	0,191	0,189	-0,027	1,83	57,5%	1,3%	0,658	0,005	0,170	0,005
4	0,186	0,184	-0,026	1,80	58,6%	2,4%	0,653	0,010	0,165	0,010
5	0,200	0,198	-0,028	1,87	55,5%	0,7%	0,667	0,003	0,178	0,003
6	0,197	0,195	-0,028	1,86	56,1%	0,1%	0,664	0,000	0,175	0,000
7	0,204	0,202	-0,029	1,89	54,6%	1,6%	0,670	0,007	0,181	0,006
				sred. vrij.	56,2%	sred. vrij.	0,663	sred. vrij.	0,175	
				rel. pog.	4,2%	rel. pog.	1,6%	rel. pog.	5,4%	

Mjerenje udaljenosti d (2 boda)

Preciznost mjerenja (2 bod)

Račun pogreške (2 boda)Gubitak mehaničke energije:

$$\eta = (65,2 \pm 2,4)\%$$

relativna pogreška 4,2%.

Vrijeme od ispuštanja pikule do drugog udara u stol:

$$t = (0,663 \pm 0,010)s$$

relativna pogreška 1,6%

Najviša visinu od stola koju dosegne pikula nakon odskoka:

$$h_m = (0,175 \pm 0,010)m$$

relativna pogreška 5,4%

Prikaz rezultata (2 boda)Akceleracija pikule u najvišoj točki koju dosegne nakon odskoka:

$$a = -g = -9,81m/s^2$$

(2 boda)**Zaokruživanje na pouzdane znamenke (1 boda)**