

9-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
4-oji užduotis Nr. FT9-4 / 2015 09 21 – 2015 10 19

Vinies kalimas plaktuku

Sąlyga / FT9-4 ▼

Prikaldamas medinę lentą darbininkas trimis plaktuko smūgiais sukala visą 8 cm ilgio vinį. Plaktuko greitis prieš pat smūgį yra 15 m/s. Plaktuko smūgis į vinį plastiškas, deformacijos smūgio metu mažos. Kalamą vinį veikia pasipriešinimo jėga, proporcinga vinies ir medžio sąlyčio paviršiaus plotui.

- 1) Kiek įkalama vinies kiekvieno smūgio metu?
- 2) Nubraižykite vinies greičio priklausomybės nuo įkalimo gylio grafiką.
- 3) Kokiu greičiu turėtų judėti plaktukas, kad visa vinis būtų sukalta dviem smūgiais?

Užduotį parengė mokyklos „Fizikos olimpas“ steigėjų tarybos narys, ilgametis mokyklos direktorius (11 m.) ir šio Fizikos turnyro užduočių parengimo spęsti ir jų sprendimų vertinimo komisijos pirmininkas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2015 09 21.

Aiškinamasis sprendimas / FT9-4 ▼

Vinies ilgį pažymime $l = 8$ cm, plaktuko masę m , plaktuko greitį prieš smūgį $v_0 = 15$ m/s, į vinies masę neatsižvelgiame. Po kiekvieno smūgio įkalamų vinies dalių ilgius pažymime s_1 , s_2 ir s_3 ($s_1 + s_2 + s_3 = l$). Laikome, kad vinies skerspūvis yra pastovus išilgai viso vinies ilgio. Tada vinį kalant pasipriešinimo jėga proporcinga įkalimo gyliui s :

$$F(s) = ks,$$

o smingant viniai nuo s' iki s'' atliekamas darbas

$$A = \int_{s'}^{s''} F(s) ds = k(s''^2 - s'^2)/2.$$

Iš energijos tvermės dėsnio gauname:

$$A_1 = \frac{ks_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2},$$

$$A_2 = \frac{k[(s_2 + s_1)^2 - s_1^2]}{2} = \frac{mv_0^2}{2},$$

$$A_3 = \frac{k[(s_3 + s_2 + s_1)^2 - (s_2 + s_1)^2]}{2} = \frac{mv_0^2}{2},$$

$$A_1 + A_2 + A_3 = \frac{3mv_0^2}{2} = \frac{kl^2}{2}, \quad \frac{mv_0^2}{2} = \frac{kl^2}{6}.$$

Tada

$$\frac{ks_1^2}{2} = \frac{kl^2}{6}, \quad s_1 = \frac{l}{\sqrt{3}}, \quad s_1 = 4,6 \text{ cm},$$

$$\frac{k[(s_2 + s_1)^2 - s_1^2]}{2} = \frac{kl^2}{6}, \quad s_2 = \frac{l(\sqrt{2} - 1)}{\sqrt{3}}, \quad s_2 = 1,9 \text{ cm},$$

$$s_3 = l - s_2 - s_1, \quad s_3 = \frac{l(\sqrt{3} - \sqrt{2})}{\sqrt{3}}, \quad s_3 = 1,5 \text{ cm}.$$

Pagal energijos tvermės dėsnį po pirmojo smūgio $0 < s < s_1$, ir viniai judant greičiu v gauname

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - A(s) = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{ks^2}{2}.$$

Kadangi $\frac{ks_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$,

$$v = v_0 \sqrt{1 - s^2/s_1^2}.$$

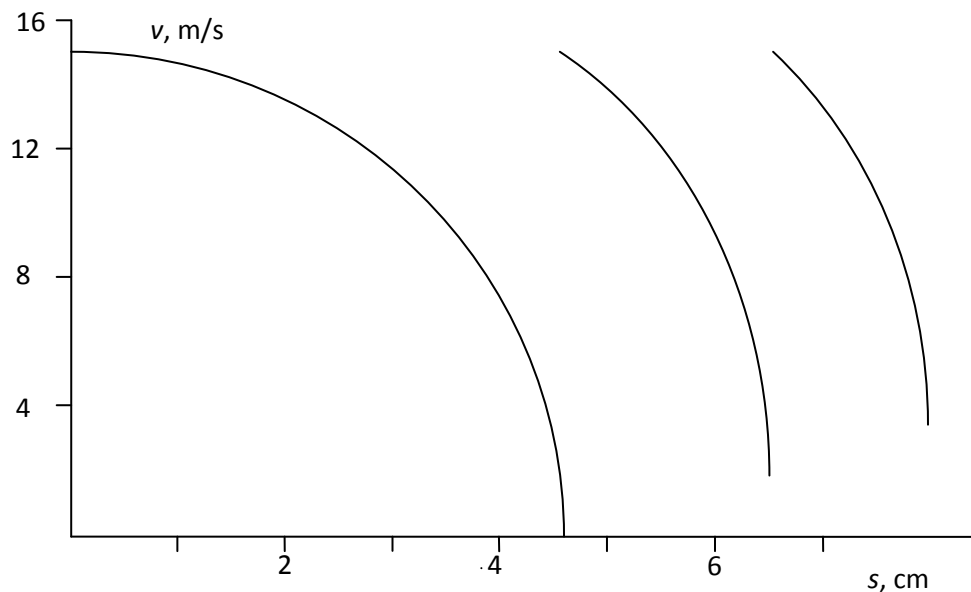
Po antrojo smūgio $s_1 < s < s_2 + s_1$, vinies greičiui v gauname

$$v = v_0 \sqrt{2 - s^2/s_1^2}.$$

Po trečiojo smūgio $s_2 + s_1 < s < l$, vinies greičiui v gauname

$$v = v_0 \sqrt{3 - s^2/s_1^2}.$$

Braižome $v = v(s)$ grafiką.



Pagal energijos tvermės dėsnį

$$\frac{3mv_0^2}{2} = \frac{kl^2}{2} = \frac{2mv_1^2}{2},$$

$$v_1 = v_0 \sqrt{\frac{3}{2}}, \quad v_1 = 15 \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} = 18,4 \text{ (m/s)}.$$

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 25.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT9-4 ▼

Dauguma sprendusiųjų pastebėjo, kad pasipriešinimo jėga didėja viniai smingant gilyn, todėl po smūgio vinis įsminga nevienodai. Tačiau tikslų dėsningumą nustatė ne visi, todėl pirmoji ir antroji užduoties dalys daugelio išspręstos netiksliai. Trečioji užduoties dalis pasirodė paprasta.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 25.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT9-4 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo vinies įkalimo gylio	1
	Darbas, atliekamas nugalint pasipriešinimo jėgą	1
	Panaudotas energijos tvermės dėsnis siejant plaktuko energiją su vinies įkalimo gyliu	1
	Vinies įkalimo gylis po pirmojo ir antrojo smūgių	2
2.	Vinies greičio priklausomybė nuo įkalimo gylio pirmojo, antrojo ir trečiojo smūgių metu	3
	Nubraižytas grafikas	1
3.	Nustatytas plaktuko greitis	1
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
5.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-1)
	Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas	10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 25.