

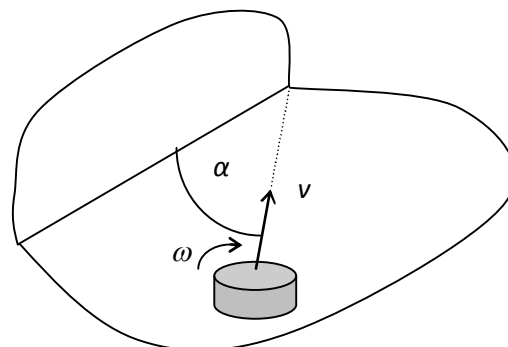
7-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
7-oji uždutis Nr. FT7-7 / 2013 11 12 – 2013 12 10

Sąlyga / FT7-7 ▼

Ledo ritulio kelionė

Ledo ritulio ritulys sukdamasis slysta ledu, kaip parodyta paveikslėlyje.

Ritulio skersmuo $d = 7,62$ cm, aukštis $h = 2,54$ cm, medžiagos tankis $\rho = 1,4$ g/cm³. Ritulio slenkamojo judėjimo greitis $v = 15$ m/s, jo sukimosi kampinis greitis $\omega = 250$ s⁻¹, $\alpha = 60^\circ$, slydimo ledu trintis maža, o sąlyčio su sienele trinties koeficientas $\mu = 0,3$.



- 1) Kam lygi ritulio kinetinė energija?
- 2) Ritulys tampriai atsimuša į sienelę 60° kampu ir atšoka, smūgio trukmė maža. Kokio dydžio ir krypties yra atšokusio ritulio slenkamojo judėjimo greitis?
- 3) Kiek sumažėjo ritulio energija smūgio metu?

Uždutį 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 2013 11 12.

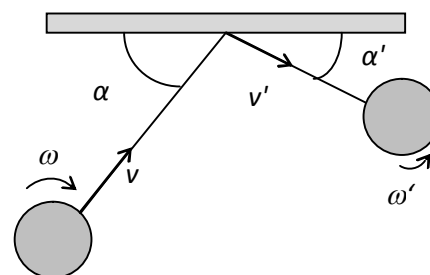
Užduties aiškinamasis sprendimas / FT7-7 ▼

- 1) Ritulio masė $m = \rho \pi d^2 h / 4$, jo inercijos momentas sukimosi ašies atžvilgiu $I = m d^2 / 8$, todėl jo pilnoji kinetinė energija

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{\rho \pi d^2 h}{8} \left(v^2 + \frac{d^2 \omega^2}{8} \right), \quad E = 22 \text{ J.}$$

- 2) Ritulio judėjimas pavaizduotas paveikslėlyje. Smūgio trukmę pažymime τ . Tuo metu ritulį veiks kintama tamprumo jėga $F(t)$, $0 \leq t \leq \tau$, ji pakeičia statmenosios sienelei ritulio slenkamojo judėjimo greičio dedamosios v_\perp kryptį priešinga:

$$\int_0^\tau F(t) dt = 2mv_\perp = 2mv \sin \alpha.$$



Smūgio metu ritulį veikia trinties jėga $F_{tr} = \mu F$, jos poveikis galėtų sumažinti ritulio sukimosi greitį ir jo slenkamojo judėjimo greičio lygiagrečiosios sienelei dedamosios v_\parallel dydį atitinkamai

$$\Delta \omega = \int_0^\tau \frac{d}{2} \mu F(t) dt = \frac{d \mu m v \sin \alpha}{I}, \quad \Delta \omega = 404 \text{ s}^{-1},$$

$$\Delta v_\parallel = \frac{\mu}{m} \int_0^\tau F(t) dt = 2 \mu v \sin \alpha, \quad \Delta v_\parallel = 7,8 \text{ m/s.}$$

Tačiau taip pakitus sukamojo ir slenkamojo judėjimo greičiui ritulys suktųsi priešinga kryptimi, negu prieš smūgį, ir slinktų taip pat priešinga kryptimi. Tai rodo, kad trinties jėga veiks ne visą smūgio laiką, o tik laiką $\tau' < \tau$, tol, kol ritulio sukimosi sąlygotas sąlyčio su sienele taško greitis taps nulis, o toliau ritulys riedės sienele pastoviu greičiu neslysdamas. Gauname:

$$I\Delta\omega' = \int_0^{\tau'} \frac{d}{2} \mu F(t) dt = I(\omega - \omega'),$$

$$\Delta v_{\parallel}' = \frac{\mu}{m} \int_0^{\tau'} F(t) dt = v \cos \alpha - v_{\parallel}'.$$

Panaudoję sąlygą

$$v_{\parallel}' = \omega' d/2$$

gauname:

$$v_{\parallel}' = 2v_{\parallel} - \frac{d\omega}{2} = 2v \cos \alpha - \frac{d\omega}{2},$$

Tada ieškomojo greičio v' dydis

$$v' = \sqrt{(v_{\perp})^2 + (v_{\parallel}')^2} = \sqrt{(v \sin \alpha)^2 + \left(2v \cos \alpha - \frac{d\omega}{2}\right)^2}, \quad v' = 14,1 \text{ m/s.}$$

Su sienele greitis sudaro kampą α' ,

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{v_{\perp}}{v_{\parallel}'}, \quad \alpha' = 67.$$

3) Ritulio sukimosi greitis po smūgio

$$\omega' = \frac{2v_{\parallel}'}{d},$$

todėl jo energija

$$E' = \frac{mv'^2}{2} + \frac{I\omega'^2}{2} = \frac{\rho\pi d^2 h}{8} \left[v^2 (1 + 3 \cos \alpha) - 2vd\omega \cos \alpha + \frac{d^2 \omega^2}{8} \right],$$

o energijos pokytis

$$\Delta E = E - E' = \frac{\rho\pi d^2 h}{8} (3d\omega v \cos \alpha - 5v^2 \cos^2 \alpha - d^2 \omega^2 / 4), \quad \Delta E = 4,6 \text{ J.}$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2014 01 06.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT7-7 ▼

- 1) Dauguma sprendusiųjų su užduotim susidorojo, pasitaikė tik nežymių klaidelių.
- 2) Tiksliai užduotį išsprendė tik vienas. Dalis sprendusiųjų nepastebėjo, kad trintis veikia ne visą smūgio laiką, o tik tol, kol ritulys pradeda riedėti sienele neslysdamas.
- 3) Nors užduotis analogiška pirmajai, daugelis ją sprendė silpniau, neatsižvelgdami į sukimosi energijos pokytį ar dar ką nors pamiršdami.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2014 01 06.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT7-7 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Nustatyta pradinė ritulio energija	2
2.1.	Nustatytas maksimalus slenkamojo judėjimo greičio lygiagrečios sienelei dedamosios pokytis smūgio metu	1
2.2.	Nustatytas maksimalus sukimosi greičio pokytis smūgio metu	1
2.3.	Nustatytas slenkamojo judėjimo greičio lygiagrečios sienelei dedamosios pokytis smūgio metu	3
2.4.	Nustatytas slenkamojo judėjimo greitis po smūgio	1
3.	Nustatytas ritulio energijos pokytis smūgio metu	2
Didžiausias galimas sprendimo 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 2014 01 06.