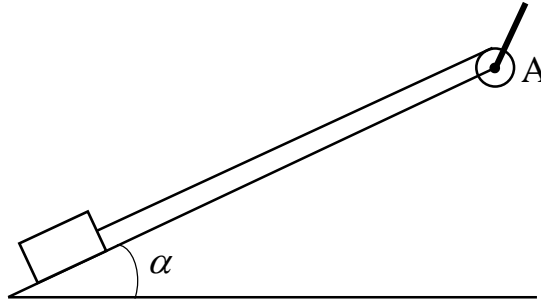


**16-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**2-oji užduotis Nr. FT16-2 / 2022 07 25 – 2022 08 21**

**Keltuvo tyrimas**

**Sąlyga / FT16-2 ▼**

Tiriamasis keltuvas yra sudarytas iš dviejų paprastųjų mechanizmų – plokštumos, kurios nuožulnumo kampas  $\alpha = 30^\circ$ , ir suktuvo, kurio ritininio 6 cm skersmens būgno sukimosi ašis yra įtvirtinta plokštumos viršūnėje A, o standžiai su būgnu sujungta rankena nuo tos ašies nutolusi 12 cm. Keliant krovinį plokštuma aukštyn, ji ir būgną jungiančio siūlo dalis yra užvyniojama ant būgno, o nuleidžiant žemyn – nuvyniojama nuo būgno.



Dinamometru išmatuota, kad, šiuo keltuvu tolygiai pakeliant 3 kg masės krovinį į 20 cm aukštį, suktuvo rankeną pakako veikti 5,8 N jėga.

Laikydami, kad siūlas yra plonas ir netąsus, o suktuvą lengvas ir jo ašyje pasireiškianti trintis sukelia sukimąsi stabdantįjį 0,1 N·m momentą, raskite:

- 1) kiek kartų laimime jėgos (gautą rezultatą palyginkite su tokiu idealiam keltuvui);
- 2) slydimo trinties koeficientą tarp krovinio ir plokštumos;
- 3) rankeną veikiančios jėgos atliktą darbą;
- 4) keltuvo naudingumo koeficientą, susieję jį su paprastųjų mechanizmų naudingumo koeficientais;
- 5) rankeną veikiančią jėgą, kuria tolygiai nuleistume krovinį plokštuma žemyn į pradinę padėtį, bei tos jėgos atliktą darbą.

Gravitacinio lauko stipris  $g = 9,8 \text{ N/m}$ .

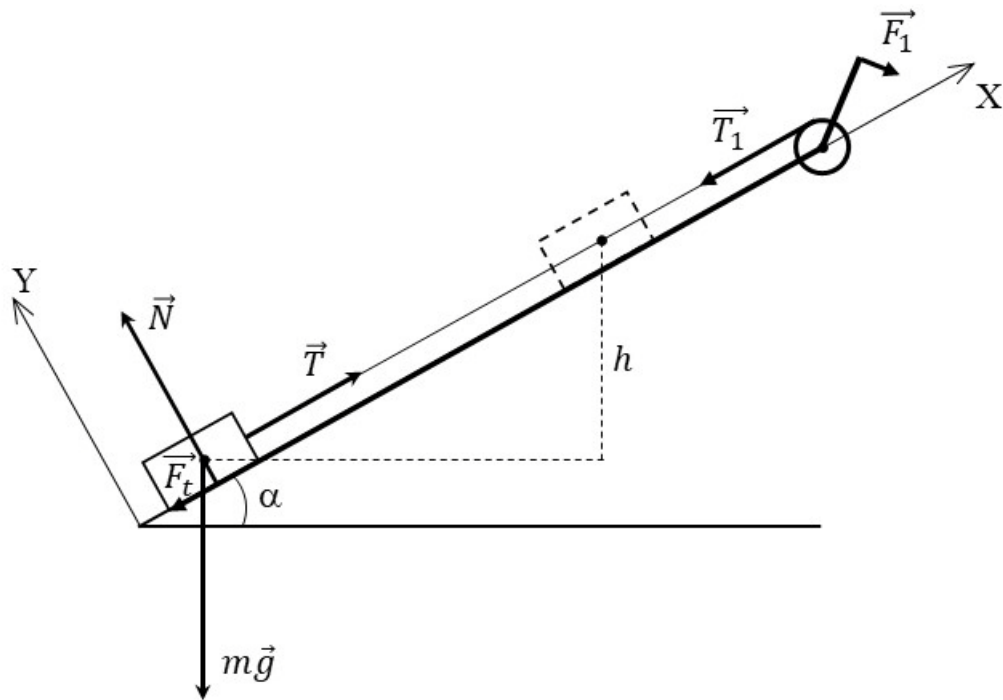
*Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 07 25.

**Aiškinamasis sprendimas / FT16-2 ▼**

Duota:  $\alpha = 30^\circ$ ;  $d = 0,06 \text{ m}$ ;  $l = 0,12 \text{ m}$ ;  $m = 3 \text{ kg}$ ;  $h = 0,2 \text{ m}$ ;  $F_1 = 5,8 \text{ N}$ ;  $M = 0,1 \text{ N}\cdot\text{m}$ ;  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ .

Rasti:  $n$ ;  $\mu$ ;  $A_1$ ;  $k$ ;  $F_2$ ;  $A_2$ .



Kroviniį veikia sunkio jėga  $m\vec{g}$ , plokštumos reakcijos jėga  $\vec{N}$ , trinties jėga  $\vec{F}_t$  ir siūlo įtempimo jėga  $\vec{T}$ , o suktuvo būgną siūlas veikia to paties dydžio, tik priešingos krypties jėga  $\vec{T}_1$ .

Keltuvu laimime jėgos tiek kartų, kiek kartų kėlimui panaudota jėga  $F_1$  yra mažesnė palyginus su ta jėga  $F_0$ , kuria be keltuvo tolygiai keltume kroviniį aukšty, kompensuodami jo sunkio jėgą:

$$n = \frac{F_0}{F_1} = \frac{mg}{F_1}; n = \frac{3 \cdot 9,8}{5,8} \approx 5,1.$$

Idealia nuožulniaja plokštuma (neatsižvelgę į trintį) laimėtume jėgos tiek kartų, kiek kartų jos ilgis  $L$  (mūsų atveju tai krovinio pasislinkimas plokštuma) yra didesnis už aukštį  $h$ , į kuriį pakeliamas kroviny, o idealiu suktuvu – kiek kartų rankenos atstumas nuo sukimosi ašies (dažnai taip vadinamas rankenos ilgis) yra didesnis už būgno spindulį  $r = 0,5d$ :

$$n_{10} = \frac{L}{h} = \frac{1}{\sin\alpha}; n_{20} = \frac{l}{r} = \frac{2l}{d}; n_0 = n_{10}n_{20} = \frac{2l}{d\sin\alpha}; n_0 = \frac{2 \cdot 0,12}{0,06 \cdot \sin 30^\circ} = 8.$$

Akivaizdu, kad realiu keltuvu laimime jėgos mažiau, nei idealiu.

Parašę pirmąjį Niutono dėsnį kroviniui ir suprojektavę vektorius į lygiagrečią plokštumai bei statmeną jai ašis X ir Y, randame jį veikiančią siūlo įtempimo jėgą:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_t + \vec{T} = 0;$$

$$-mgsin\alpha - \mu N + T = 0; -mg\cos\alpha + N = 0; T = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha).$$

Pritaikę jėgų momentų taisyklę suktuvui, kai trinties ašyje jėgų momentas yra priešingas rankeną veikiančios jėgos momentui, o ir sulyginę  $T = T_1$ , randame slydimo trinties koeficientą:

$$F_1l - T_1r - M = 0; mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = \frac{2(F_1l - M)}{d};$$

$$\mu = \frac{2(F_1l - M)}{mgd\cos\alpha} - \operatorname{tg}\alpha; \mu = \frac{2(5,8 \cdot 0,12 - 0,1)}{3 \cdot 9,8 \cdot 0,06\cos 30^\circ} - \operatorname{tg} 30^\circ \approx 0,2.$$

Suktuvo rankeną veikianti jėga  $F_1$  atlieka darbą  $A_1$  kelyje  $l_1 = Ll/r$ , o čia  $L = h/\sin\alpha$ :

$$A_1 = F_1 l_1 = \frac{2F_1 h l}{d \sin\alpha}; \quad A_1 = \frac{2 \cdot 5,8 \cdot 0,2 \cdot 0,12}{0,06 \sin 30^\circ} \approx 9,28 \text{ (J)}.$$

Nuožulniosios plokštumos naudingumo koeficientas  $k_p$  parodo, kurią siūlo tempimo jėgos  $T$  atlikto darbo dalį kelyje  $L$  sudaro naudingas darbas. atliekamas tolygiai pakeliant krovinį į aukštį  $h$  jėga  $F_0$ , lygia jo sunkio jėgai:

$$k_p = \frac{F_0 h}{TL} = \frac{mgh \sin\alpha}{mg(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)h} = \frac{1}{1 + \mu \operatorname{ctg}\alpha}; \quad k_p = \frac{1}{1 + 0,2 \operatorname{ctg} 30^\circ} \approx 74,3\%.$$

Suktuvo naudingumo koeficientas  $k_s$  parodo, kurią jo rankeną veikiančios jėgos  $F_1$  atlikto darbo dalį kelyje  $l_1$  sudaro tempimo jėgos  $T$  darbas kelyje  $L$ :

$$k_s = \frac{TL}{F_1 l_1} = \frac{mg(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)d}{2F_1 l}; \quad k_s = \frac{3 \cdot 9,8(\sin 30^\circ + \mu \cos 30^\circ)0,06}{2 \cdot 5,8 \cdot 0,12} \approx 85,3\%.$$

Keltuvo naudingumo koeficientas yra lygus nuožulniosios plokštumos ir sukтуvo naudingumo koeficientų sandaugai:

$$k = \frac{mgh}{F_1 l_1} = k_p k_s; \quad k = 0,743 \cdot 0,853 \approx 63,4\%.$$

Kai krovinys nuleidžiamas nuožulniaja plokštuma žemyn, tai slydimo trinties jėga yra priešingos krypties, nei keliant aukštyn, tada siūlo įtempimo jėga yra sumažėjusi:

$$T' = mgsin\alpha - \mu mg \cos\alpha.$$

Pritaikę jėgų momentų taisyklę sukтуvui, kai trinties ašyje jėgų momentas yra tos pačios krypties, kaip ir rankeną veikiančios jėgos momentas, o ir sulyginę  $T' = T_2$ , randame rankeną veikiančią jėgą:

$$F_2 l - T_2 r + M = 0; \quad mg(\sin\alpha - \mu \cos\alpha) = \frac{2(F_2 l + M)}{d};$$

$$F_2 = \frac{mg(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)d}{2l} - \frac{M}{l}; \quad F_2 = \frac{3 \cdot 9,8(\sin 30^\circ - 0,2 \cos 30^\circ)0,06}{2 \cdot 0,12} - \frac{0,1}{0,12} \approx 1,57 \text{ (N)}.$$

Šios jėgos ir rankenos poslinkio kryptys yra priešingos, todėl darbas yra neigiamas:

$$A_2 = -F_2 l_1 = -\frac{2F_2 h l}{d \sin\alpha}; \quad A_2 = -\frac{2 \cdot 1,57 \cdot 0,2 \cdot 0,12}{0,06 \sin 30^\circ} \approx -2,51 \text{ (J)}.$$

*Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 09 07.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT16-2 ▼**

Dauguma gerai užduotį sprendusių turnyro dalyvių klydo neįvertindami darbo, atliekamo nuleidžiant krovinį, ženklo. Buvo klydusių užrašant formules be paruošto brėžinio, o ir pateikusieji brėžinius visai nesilaikė realių mastelių, parodydami ne visas jėgas, o rankeną veikiančią jėgą - žymiai didesnę, nei yra iš tikrųjų, kai keltuvas jėgos laimime.

*Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 09 07.

***Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT16-2 ▼***

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Jėgos laimėjimas	2
2.	Slydimo trinties koeficientas	2
3.	Kėlimo darbas	2
4.	Naudingumo koeficientas	2
5.	Jėga ir darbas nuleidžiant krovinį	2
6.	Pateikta ne pagal reikalavimus	0,1
7.	Nerodomi skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-5)	-0,5
8.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
9.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-5)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 09 07.