

**6-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**9-oji užduotis Nr. FT6-9 / 2012 12 17 – 2013 01 14**

**Sąlyga / FT6-9 ▼**

**Aitvaro skrydis**

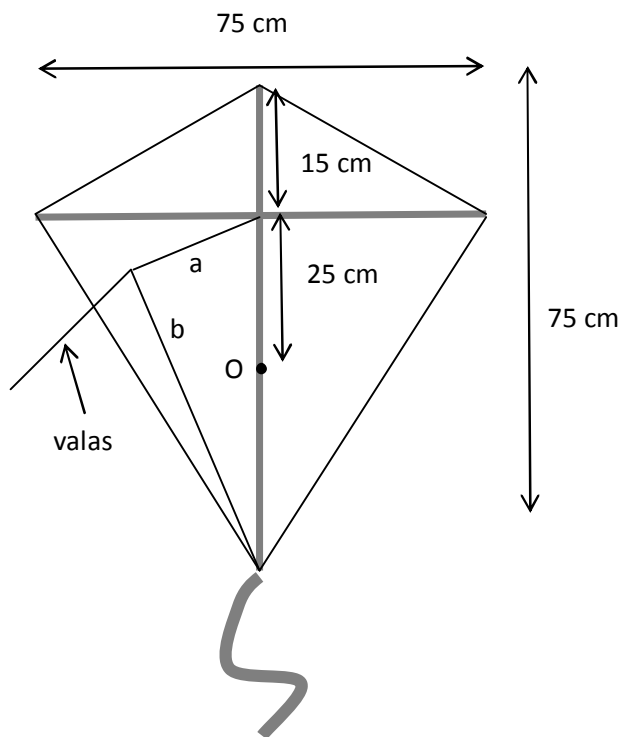
Paveiksle pavaizduotas aitvaras turi atotampas  $a = 30$  cm ir  $b = 60$  cm, o sunkį ir vėjo poveikį jo uodegai atitinka tašką  $O$  veikianti vertikaliai žemyn nukreipta jėga  $P = 0,5$  N. Vėjas sukuria nejudančiam aitvarui keliamąją jėgą

$$F = v^2 \rho S \sin \alpha,$$

čia  $v$  - vėjo greitis,  $\rho$  - oro tankis,  $S$  - aitvaro paviršiaus plotas,  $\alpha$  - kampas tarp aitvaro plokštumos ir vėjo krypties (atakos kampas).

Statmena aitvaro paviršiui keliamoji jėga veikia aitvarą taške, atitinkančiame aitvaro kraštų apribotos plokščios homogeninės figūros (keturkampio) masės centrą. Į oro klampumą neatsižvelgiame. Aitvaras leidžiamas pririšus  $l = 20$  m ilgio valą.

- 1) Kokiam vėjo greičiui esant aitvaras pradės kilti, jei valas horizontalus?
- 2) Kokiam aukštyje stabiliai laikosi aitvaras, jei vėjo greitis  $v = 4$  m/s?
- 3) Koks yra tuo metu valo įtempimas?

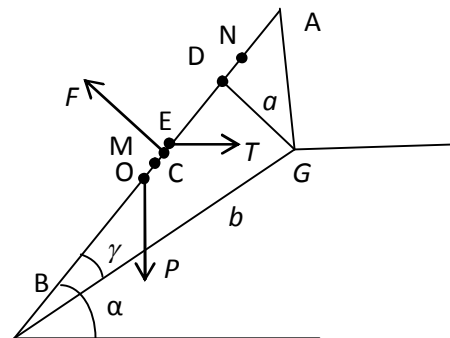


*Užduotį parengė mokyklos „Fizikos olimpas“ steigėjų tarybos narys, ilgametis mokyklos direktorius (11 m.) ir šio Fizikos turnyro užduočių parengimo spręsti ir jų sprendimų vertinimo komisijos pirmininkas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2012 12 17.

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT6-9 ▼**

1) Paveiksle pateikta aitvarą veikiančių jėgų schema ( $T$  – valo įtempimo sukuriama jėga,  $\alpha$  – atakos kampas). Pažymime keturkampio kampus  $A$  ir  $B$ ,  $AB = l$ , keturkampio masės centrą  $C$ , įstrižainių susikirtimo tašką  $D$ , valo įtempimo sukuriamos jėgos veikimo tašką  $E$ , valo ir atotampų sujungimo tašką  $G$ . Aitvaras bus pusiausvyras kai visų jį veikiančių jėgų atstojamoji ir atstojamasis jėgų momentas bus lygūs nuliui. Jėgos momentus imame taško  $E$  atžvilgiu.



$$\begin{cases} P = F \cos \alpha, \\ T = F \sin \alpha \\ POE \cos \alpha = FCE. \end{cases}$$

Panaudodami geometriją nustatome taško  $E$  vietą. Kadangi  $BD = BG = 0,6$  m,

$\sin \gamma / 2 = \frac{a}{2b}$ . Tada

$$BE = b \sin(\alpha - \gamma) / \sin(\pi - \alpha) = b(\cos \gamma - \sin \gamma \operatorname{ctg} \alpha).$$

Nustatome taško C vietą. Aitvaro kontūrą apibrėžiantį keturkampį sudarančių trikampių masių centrai M ir N apibrėžti atstumais  $DM = BD/3$  ir  $DN = AD/3$ , o keturkampio masės centro C vietą apibrėžia lygtis

$$CM \cdot BD = CN \cdot AD,$$

iš kurios gauname  $AC = 30$  cm. Iš pateiktų lygčių eliminavę  $F$ ,  $T$  ir  $AE$ , gauname lygtį kampui  $\alpha$ :

$$-OC \operatorname{ctg}^2 \alpha - b \sin \gamma \operatorname{ctg} \alpha + b \cos \gamma - BC = 0.$$

Įrašę skaitines vertes gauname

$$0,1 \operatorname{ctg}^2 \alpha + 0,290 \operatorname{ctg} \alpha - 0,075 = 0.$$

Tos lygties teigiamas sprendinys  $\alpha = 76,6^\circ$ . Įdami oro tankį  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$  gauname

$$v = \sqrt{\frac{P}{\rho S \sin \alpha \cos \alpha}}, \quad v = 2,5 \text{ m/s}.$$

2) Paveiksle pateikta aitvarą veikiančių jėgų schema. Gauname:

$$\begin{cases} F = P \cos \alpha + T \cos \beta, \\ T \sin \beta = P \sin \alpha, \\ P \cdot OE \cos \alpha = F \cdot CE \end{cases}$$

Nustatome taško E padėtį:

$$BE = b(\cos \gamma - \sin \gamma \operatorname{ctg} \beta)$$

Įrašę  $F = v^2 \rho S \sin \alpha$  iš pirmųjų dviejų lygčių gauname

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{v^2 \rho S}{P} - \operatorname{ctg} \alpha.$$

Eliminavus  $F$ ,  $T$  ir  $P$  trečioji lygtis įgauna pavidalą

$$OE \cos \alpha = CE(\cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{ctg} \beta).$$

Lygtį pertvarkome, įrašome  $CE = BE - BC$  ir  $\cos \beta$  išraišką ir gauname:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{(b \cos \gamma - BC) \frac{v^2 \rho S}{P} - b \sin \gamma}{b \cos \gamma - BO}, \quad \operatorname{ctg} \alpha = 3,32, \quad \alpha = 16,8^\circ.$$

Toliau randame

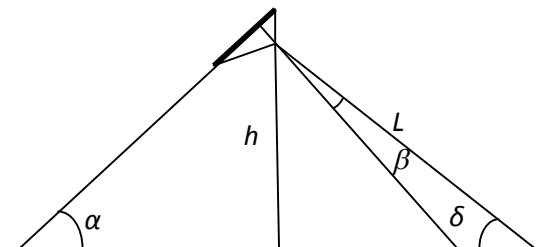
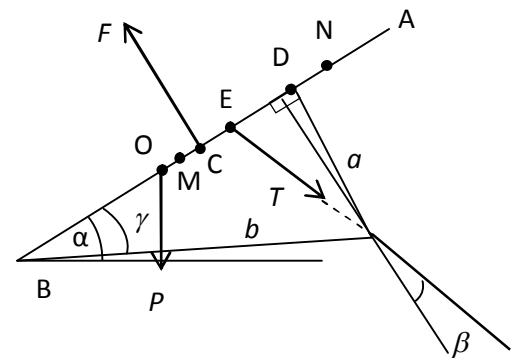
$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{v^2 \rho S}{P} - \operatorname{ctg} \alpha, \quad \operatorname{ctg} \beta = 8,29, \quad \beta = 11,4^\circ.$$

Aitvaro pakilimo aukštis  $h$  parodytas paveiksle.

$$h = L \sin \delta, \quad \delta = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta, \quad \delta = 66,3^\circ,$$

$$h = 18,3 \text{ m}.$$

$$3) T = P \sin \alpha / \sin \beta, \quad T = 1,2 \text{ N}.$$



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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2013 02 26.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT6-9 ▼**

Dalis sprendusiųjų valo įtempimo jėgą skaidė į atotampų įtempimo jėgas ir tuo apsunkino sprendimą.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2013 02 26.

### **Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT6-9 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.1.	Pateikta aitvarą veikiančių jėgų schema	1
1.2.	Pateiktos aitvarą veikiančias jėgas ir jėgos momentus apibrėžiančios lygtys	1
1.3.	Nustatytas vėjo greitis	2
2.1.	Pateikta aitvarą veikiančių jėgų schema	1
2.2.	Pateiktos aitvarą veikiančias jėgas ir jėgos momentus apibrėžiančios lygtys	1
2.3.	Nustatyti valo ir aitvaro plokštumos sudaromi su horizontu kampai	2
2.4.	Nustatytas aukštis, kuriame laikosi aitvaras	1
3.	Nustatytas valo įtempimas	1
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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2013 02 26.