

**60. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2018/2019**

kategória E – domáce kolo

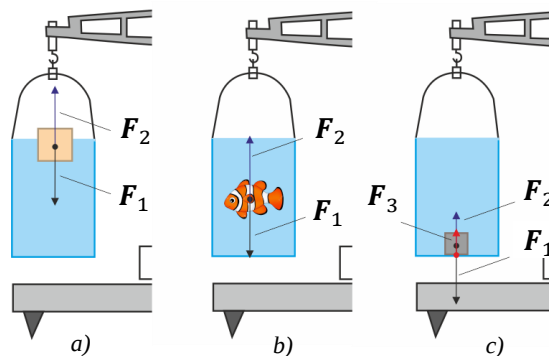
riešenie úloh

1. Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Názov veličiny	Značka veličiny	Fyzikálna jednotka veličiny	Značka jednotky	Názov jednotky	Počet bodov
dĺžka	L	1 m	m	meter	
obsah	S	1 m ²	m ²	štvorcový meter	0,5
objem	V	1 m ³	m ³	kubický meter	0,5
hmotnosť	m	1 kg	kg	kilogram	0,5
hustota	ρ	1 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	kilogram na kubický meter	0,5
čas	t, τ	1 s	s	sekunda	0,5
rýchlosť	v	1 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	meter za sekundu	0,5
teplota	t	1 °C	°C	celziov stupeň	0,5
termodynamická teplota	T	1 K	K	kelvin	0,5
sila	F	1 N	N	newton	0,75
práca	W	1 J	J	joule	0,75
energia	E	1 J	J	joule	0,75
teplo	Q	1 J	J	joule	0,75
výkon	P	1 W	W	watt	0,75
elektrické napätie	U	1 V	V	volt	0,75
elektrický odpor	R	1 Ω	Ω	ohm	0,75
elektrický prúd	I	1 A	A	ampér	0,75

2. Rovnoramenné váhy

Hmotnosť prázdnej nádoby označme m_0 , gravitačnú silu pôsobiacu na prázdnu nádobu F_n . Hmotnosť vody v nádobe v jednotlivých prípadoch m_{va} , m_{vb} , m_{vc} . Gravitačné sily pôsobiace na vodu v nádobách F_{va} , F_{vb} , F_{vc} . Gravitačné sily pôsobiace na drevenú kocku, rybičku i hliníkovú kocku sú rovnaké $F = m g$, kde g je gravitačná konštanta, $g \approx 10 \text{ N/kg}$. Označme F_v gravitačnú silu pôsobiacu na vodu v nádobe v prípade podľa obr. E-1



Obr. RE-1

- a) Hmotnosť drevenej kocky plávajúcej na voľnej hladine vody, podľa Archimedovho zákona, je rovná hmotnosti vody vytlačenej cez okraj nádoby, teda gravitačná sila pôsobiaca na ľavé rameno váh v tomto prípade
 $F_n + F_{va} + F = F_n + F_v$, lebo $F_{va} + F = F_v$. Jazýček váh ukazuje na stred O stupnice. 1b
- b) Rybička pláva vo vode v nádobe, teda platí tiež, ako v prípade a) $F_n + F_{vb} + F = F_n + F_v$, lebo $F_{vb} + F = F_v$. Jazýček váh ukazuje na stred O stupnice. 1b
- c) V prípade plnej hliníkovej kocky vlozenej na dno nádoby platí $V \rho_v < m g$, kde V je objem kocky a ρ_v hustota vody. Preto platí $F_n + F_{vc} + F > F_n + F_v = m g$: celková gravitačná sila pôsobiaca na ľavé rameno váh $F_n + F_{vc} + F$ je väčšia ako gravitačná sila pôsobiaca na pravé rameno váh. Váhy nie sú v rovnováhe. Jazýček váh je odklonený na stranu + stupnice. 2b
- d) Z riešení a), b), c) vyplýva, že v prípadoch a), b) $\Delta m = 0$. 2b
 V prípade c) (plná hliníková kocka na dne nádoby), jazýček váh sa odkloní doprava od stredu O stupnice. K závažiu s hmotnosťou m , na pravom ramene váh, musíme pridať závažie s hmotnosťou Δm , aby sa rovnováha obnovila. V tomto prípade
 $g \Delta m = m g - \rho_v V g = m g - \rho_v \frac{m}{\rho_{Al}} g = m g \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_{Al}} \right)$, z toho
 $\Delta m = m \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_{Al}} \right)$. Pre dané hodnoty veličín $\Delta m = +6,3 \text{ g}$. 4b

(ρ_{Al} je hustota hliníka $2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$).

3. Elektrický obvod

a) Vzhľadom na symetriu obvodu potenciály v bodoch C a D sú rovnaké (elektrické napätie $U_{CD} \approx 0$), vetvou CD neprechádza prúd. Rezistor vo vetve CD môžeme vynechať. (Obrázok, schéma zapojenia.) Potom $R_{c1} = 10 \Omega$. 2b

b) (Obrázok, schéma zapojenia.) Vzhľadom na a) odpor $R_{c2} = 10 \Omega$. 1b

c) Spojením uzlov C, D nakrátko (spínačom) obvod má rovnaký odpor ako pri zapojení a) alebo b), (obrázok, schéma zapojenia.), teda $R_{c3} = 10 \Omega$. 2b

d) Prúd prechádzajúci ampérmetrom $I = \frac{U}{R_c + R_z}$. Z toho $R_z = \frac{U}{I} - R_c$. Pre dané hodnoty veličín $R_z = 2,0 \Omega$. 1b

e) $U_{CD} = 0 \text{ V}$. 1b

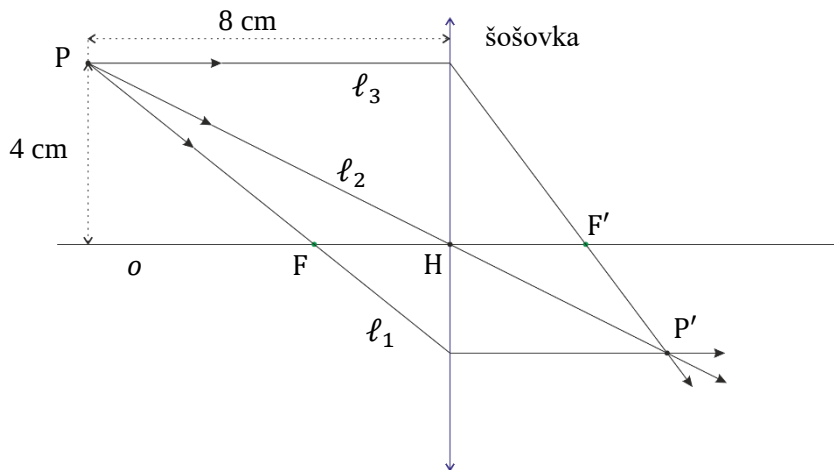
f) $U_{BC} = R_1 I/2$, $U_{BC} = 5,0 \text{ V}$. 1b

g) Výkon zdroja $P = UI$, $P = 12 \text{ W}$, príkon obvodu $P' = R_c I^2$, $P' = 10 \text{ W}$. 2b

Pozn. V prípade, že žiak nemá stručné vysvetlenie ani náčrtok, pri správnej hodnote výsledku, znižuje sa hodnotenie v každom bode na polovicu.

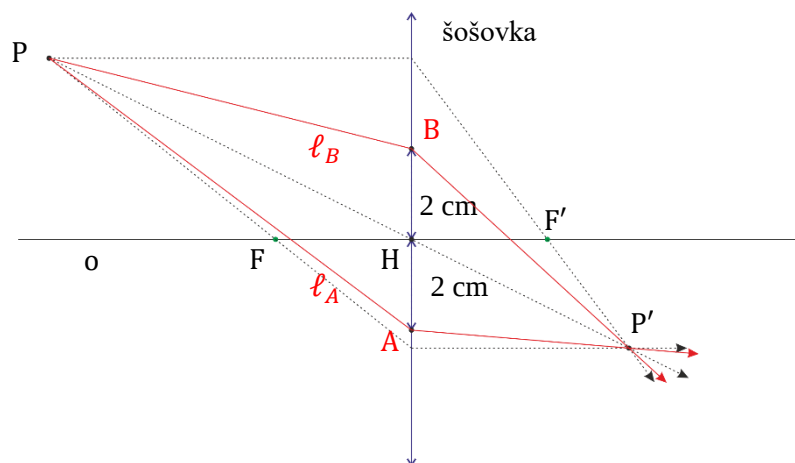
4. Hviezdy na oblohe a jednoduchá spojná šošovka

a) Riešenie je znázornené na obr. RE-2. Na obrázku musí byť označená: šošovka, optická os o , stred H šošovky, predmetové ohnisko F, obrazové ohnisko F', predmetový bod P (bodový zdroj svetla), význačné lúče ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 a obrazový bod P'. Za každú správne uvedenú časť 0,2b, spolu 2b



Obr. RE-2

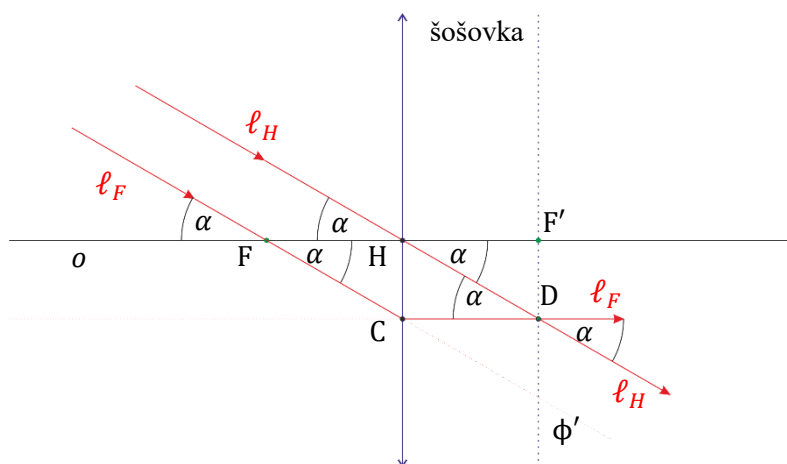
b) Lúče sú dva, na obr. RE-3 prechádzajú bodmi A a B a sú označené ℓ_A, ℓ_B . (za každý správne skonštruovaný lúč 1b) Spolu 2b



Obr. RE-3

- c) Zostrojíme dva lúče zvierajúce s optickou osou $\alpha = 30^\circ$. Prvý lúč prechádza predmetovým ohniskom F (lúč ℓ_F) a druhý lúč prechádza stredom H šošovky (lúč ℓ_H) – obr. RE-4. Uvedené lúče sa pretínajú v jednom bode D, a týmto bodom prechádzajú aj ostatné lúče rovnobežné s ℓ_H . 2b
- d) Lúč ℓ_H po prechode šošovkou nezmení svoj smer a stále zvierá s optickou osou uhol α . Lúč ℓ_F po prechode šošovkou je rovnobežný s optickou osou šošovky a je kolmý na rovinu šošovky. Uhol $\widehat{HCD}$ je teda pravý uhol, dĺžka úsečiek $|FC| = |HD|$ a z podobnosti trojuholníkov $\triangle FHC \sim \triangle DCH$ vyplýva, že $|CD| = |FH|$. Súčasne však sa rovnajú predmetová a obrazová ohnisková vzdialenosť, $|FH| = |HF'|$. Každý bod ohniskovej roviny je teda vo vzdialenosti $|HF'|$ od roviny šošovky. Ohnisková rovina (obrazová) ϕ' je rovnobežná s rovinou šošovky a prechádza obrazovým ohniskom. Inými slovami ϕ' je rovina kolmá k optickej osi prechádzajúca obrazovým ohniskom.

2b



Obr. RE-4

- e) Lúče z bodových zdrojov, ktoré sú veľmi vzdialené, sú pre nás prakticky rovnobežné. Šošovkou fotoaparátu sa zobrazia do (obrazovej) ohniskovej roviny ϕ' . Bod, do ktorého sa zobrazia jednotlivé hviezdy sú určené lúčmi typu ℓ_H , tj. lúčmi prechádzajúcimi stredom šošovky fotoaparátu. Do roviny ϕ' sa umiestňuje senzor alebo film fotoaparátu, ak má byť obraz hviezd ostrý.

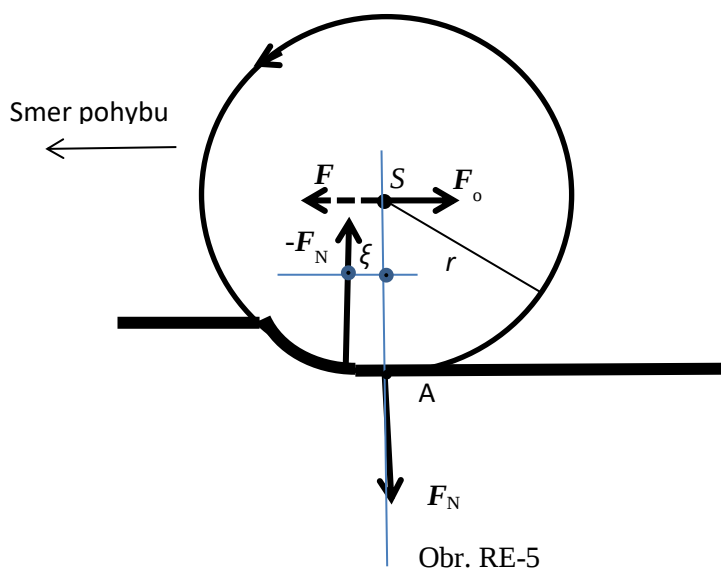
2b

5. Pneumatický zdvihák

- a) Tlak p_b bremena na pracovnú plochu vankúša je $p_b = \frac{F}{S}$, kde $F = m g$, $F \approx 11\,000\text{ N}$ je tiaž bremena (jedna polovina automobilu) a S je obsah pracovnej plochy vankúša, ktorá je približne rovinná, $S \approx 1\,000\text{ cm}^2$, potom tlak $p_b = \frac{F}{S}$, $p_b \approx 11\text{ N/cm}^2 = 11 \times 10^4\text{ N/m}^2 = 11 \times 10^4\text{ Pa} = 1,1 \times 10^5\text{ Pa} = 1,1\text{ bar}$. Na pracovnú plochu vankúša pôsobí aj vonkajší atmosférický tlak vzduchu $p_a \approx 1,01 \times 10^5\text{ Pa}$.
Tlak vzduchu uzavretého vo vnútri vankúša $p = p_b + p_a$, $p \approx 2,1 \times 10^5\text{ Pa} = 2,1\text{ bar}$. 3b
- b) Atmosférický vzduch pôsobí na pracovnú plochu vankúša tlakom $p_a \approx 1,01 \times 10^5\text{ Pa} = 1\text{ bar}$. Ak pre tlak p_b bremena platí $p_b \gg p_a$ môžeme atmosférický tlak vzduchu vo výpočte zanedbať. V ostatných prípadoch je potrebné vo výpočte tlaku vzduchu vo vankúši brať do úvahy oba tlaky p_b i p_a . Reálne platí pre tlak bremena kritérium: ak $p_b \approx (0,01 ; 100) p_a = (1000\text{ Pa} ; 100\text{ bar})$ je potrebné pripočítať k tlaku bremena p_b aj atmosférický tlak vzduchu p_a . V prípade popísaného zdviháku, ako je uvedené v časti a) riešenia, $p_b \approx 11\text{ N/cm}^2 = 1,1\text{ bar}$. Vo výpočte tlaku p vzduchu vo vankúši musíme v tomto prípade brať do úvahy aj vonkajší tlak vzduchu, ako je uvedené v a) časti riešenia, $p \approx 2,1 \times 10^5\text{ Pa} = 2,1\text{ bar}$. 4b
- c) Tlak bremena sa rozloží rovnomerne, istejšie a na väčšiu plochu pevnej rovinatej dosky. Zabráni tým napr. pôsobeniu veľkej sily na malú plochu povrchu vankúša, ktorá môže spôsobiť pretrhnutie jeho steny. 2b
- d) Výhody pneumatických zdvihákov na princípe vankúša: nepotrebnú špeciálne upravené podlažie, sú šetrné k dvíhanému telesu (napr. k podvozku automobilu), sú ľahké (malá hmotnosť), jednoducho manipulovateľné, lacné. 1b

6. Valivý odpor

a)



Vplyvom tlakovej sily F_N kola vodorovná podlažka sa deformuje, pred kolesom vzniká val, obr. RE-5. Tlaková sila podlažky $-F_N$ sa voči stredu S kola, pôsobením deformácie podlažky, posúva o vzdialenosť ξ v smere pohybu kola, ktorú nazývame *rameno valivého odporu*. 3b

Pre rovnováhu momentov síl pôsobiacich na valiace sa koleso, vzhľadom na bod A, máme $F r = -F_N \xi$, tiež $-F_o r = -F_N \xi$. Z toho sila valivého odporu, pôsobiaca proti smeru valivého pohybu telesa

$F_o = F_N \frac{\xi}{r}$. Podiel $\frac{\xi}{r}$ môžeme nazvať *koeficient valivého odporu* $f_o = \frac{\xi}{r}$. Potom pre valivý odpor máme

$$F_o = \frac{\xi}{r} F_N = f_o F_N. \quad (1)$$

Valivý odpor kolesa ovplyvňuje sila F_N pôsobiaca zvisle dolu na koleso, polomer r kolesa a rameno ξ valivého odporu, ako to vyplýva zo vzťahu (1). 2b

- b) Valivý odpor F_o kolesa rastie priamo úmerne so silou F_N pôsobiacou zvisle dolu na koleso, priamo úmerne s veľkosťou ramena ξ valivého odporu a nepriamo úmerne s polomerom r kolesa. Spolu bod b) 2b

c)

Materiál kolesa	Materiál podložky	Rameno ξ valivého odporu mm
ocel'	ocel'	0,4 ÷ 0,5
ložisková ocel'	ložisková ocel'	0,001 ÷ 0,005
pneumatika *	asfalt	2,5 ÷ 4,5
pneumatika*	betón	1,5 ÷ 2,5

*Hodnoty ξ sú závislé aj od triedy kvality pneumatiky, nahustenia vzduchu v pneumatike a materiálu asfaltu.

Spolu bod c) 1b

- d) Z hľadiska valivého odporu (z konštrukčnej a materiálnej stránky) sú pneumatiky označované triedami A až G, od predpokladanej najnižšej hodnoty valivého odporu (A) až po najvyššiu (G). Každý automobil spotrebuje určitú časť paliva na prekonávanie valivého odporu. 2b

60. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie E (riešenia)

Autori návrhov úloh:	Ivo Čáp 2,4, Daniel Kľuvanec 1,3,5,6, Monika Hanáková 7
Recenzia a úprava úloh a riešení:	Ivo Čáp
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Ivo Čáp
Redakcia:	Daniel Kľuvanec
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2018