

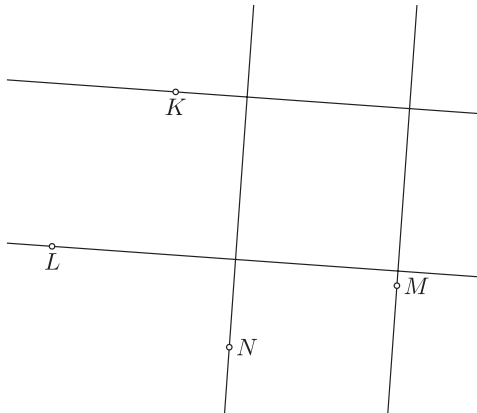
Úloha o čtverci

Šárka Gergelitsová, Gymnázium Benešov

Zadání problému

Ve starých knížkách můžeme najít spoustu zajímavých úloh, při jejichž řešení vystačíme se základními poznatky z geometrie. Např. můžeme najít tuto úlohu:

Úloha 1. V rovině jsou dány různé body K, L, M, N . Sestrojte všechny čtverce, jejichž strany leží na přímkách, z nichž některá prochází bodem K , jiná bodem L , další bodem M a zbývající bodem N (obr. 1).



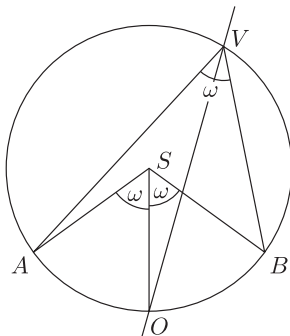
Obr. 1

V článku si ukážeme několik způsobů řešení jiné, užší úlohy, na jejíž tři případy lze původní úlohu rozložit.

Úloha 2. V rovině jsou dány různé body K, L, M, N . Sestrojte všechny čtverce, jejichž strany leží na přímkách, z nichž některá prochází bodem K , jiná bodem L , další bodem M a zbývající bodem N , přičemž přímky procházející body K, L jsou navzájem rovnoběžné.

Řešení první – pomocí Thaletových kružnic

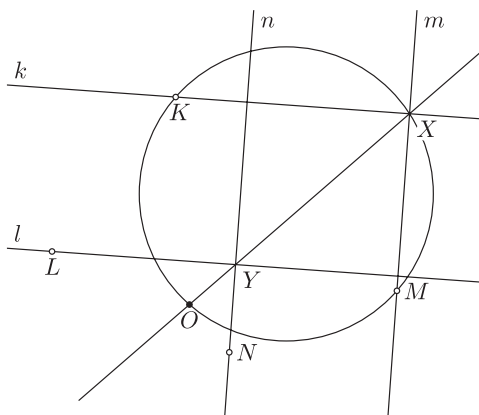
Úvaha 1. Připomeňme si nejprve jednu geometrickou vlastnost, plynoucí z našich znalostí o středových a obvodových úhlech. Víme, že množina všech bodů V v rovině, pro něž má úhel AVB danou velikost ω , jsou dva shodné kružnicové oblouky nad tětivou AB . Zvolme jeden z nich (obr. 2). Potom platí, že osy všech úhlů AVB , jejichž vrchol V leží na zvoleném kružnicovém oblouku nad tětivou AB , procházejí středem O toho oblouku, který doplňuje oblouk AVB do celé kružnice. Je-li totiž O střed oblouku AB , jemuž přísluší středový úhel ASB velikosti 2ω , jsou středové úhly ASO a OSB shodné, a jejich velikost je tudíž rovna ω . Proto je i velikost obvodových úhlů AVO a OVB stejná, rovná $\frac{\omega}{2}$. Polopřímka VO je tedy osou úhlu AVB .



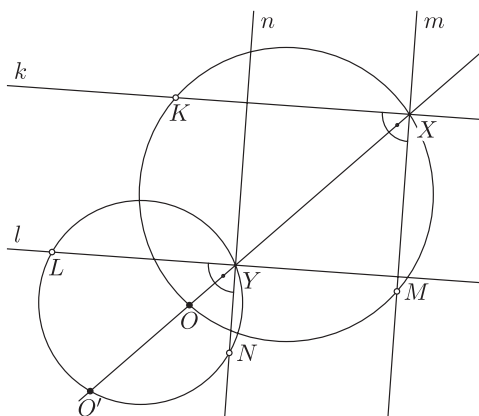
Obr. 2

Řešení. Označme po řadě hledané přímky (na nichž budou ležet strany čtverce) procházející body K, L, M, N odpovídajícími písmeny k, l, m, n . Podle zadání platí $k \parallel l$, takže musí platit $k \perp m$ a $l \perp n$. Označme X průsečík přímek k, m a Y průsečík přímek l, n (obr. 3).

Protože úsečka XY bude jednou z úhlopříček hledaného čtverce, bude na přímce XY ležet osa pravého úhlu KXM . Podle výše uvedené úvahy tedy prochází přímka XY středem O toho oblouku Thaletovy kružnice sestrojené nad průměrem KM , který neobsahuje bod X . Na přímce XY však zároveň leží osa protilehlého úhlu LYN , ze stejného důvodu bude tedy přímka XY procházet také středem O' příslušného oblouku LN Thaletovy kružnice opsané nad průměrem LN (obr. 4).



Obr. 3

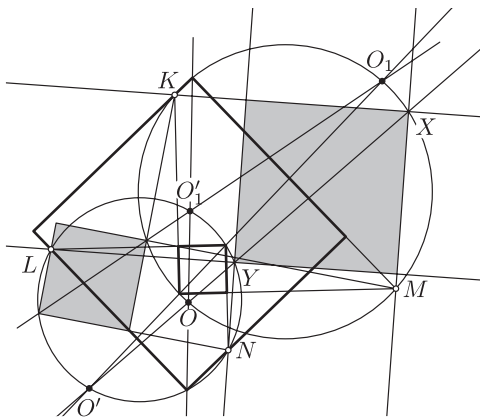


Obr. 4

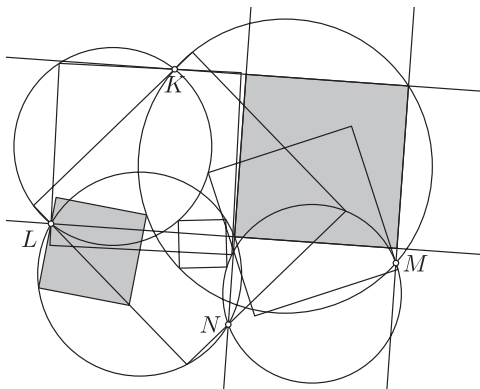
Z předchozí úvahy vyplývá, že úhlopříčka XY leží na přímce OO' , kde O, O' jsou popsány výše. Protilehlé vrcholy X, Y (kterými je hledaný čtverec zřejmě určen) jsou pak zbývající dva průsečíky příslušných Thaletových kružnic s přímkou OO' .

Každý z bodů O, O' můžeme sestrojít dvěma způsoby (jako střed jedné ze dvou polokružnic nad KM , resp. LN), dostáváme tedy celkem čtyři přímky O, O' . Má tedy úloha 2 v obecném případě čtyři řešení?

Ne. Úvaha, kterou jsme výše vedli, řešila ve skutečnosti obecnější úlohu. Využili jsme pouze kolmost přímek k, m a kolmost přímek l, n , ne však už požadovanou rovnoběžnost přímek k, l . Našli jsme tak zároveň řešení úvodní úlohy 1 našeho článku nejen pro případ, kdy jsou přímky k, l rovnoběžné, ale také pro případ, kdy jsou přímky k, l na sebe kolmé a navzájem rovnoběžné jsou naopak přímky k, n (obr. 5).



Obr. 5

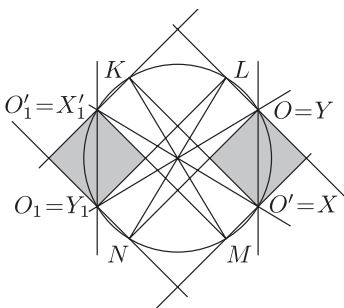


Obr. 6

Úloha 2 (kde požadujeme $k \parallel l$) má proto v obecném případě dvě různá řešení. (Diskusi speciálních případů provedeme dále.)

Úplné řešení úlohy 1. Snadno nahlédneme, že úloha 1 má obecně ještě další dvě řešení – taková, v nichž jsou rovnoběžné přímky k, m (obr. 6). Má tedy celkem až šest řešení, po dvou pro každou z voleb $k \parallel l, k \parallel m, k \parallel n$.

Ve zvláštních polohách průměrů KM a LN (a Thaletových kružnic nad nimi) mohou některé z bodů O, O', X, Y splynout. V konstrukcích je však musíme rozlišovat. Na obr. 7 vidíte případ, kdy splynou obě Thaletovy kružnice, a spojnice OO' je tedy zároveň úhlopříčkou hledaného čtverce (O je středem oblouku nad KM a zároveň je druhým průsečíkem přímky OO' s Thaletovou kružnicí nad LN).

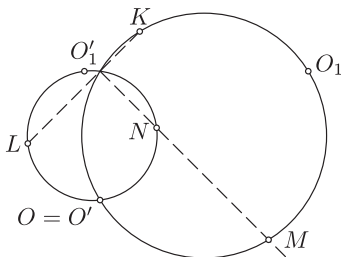


Obr. 7

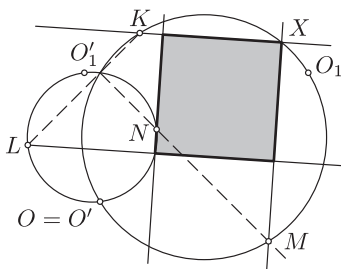
Diskuse počtu řešení úlohy 2. Na obr. 8, 9 vidíte jeden speciální případ, kdy má úloha nekonečně mnoho řešení. Označíme nyní O, O_1 středy polokružnic Thaletovy kružnice nad KM a obdobně O', O'_1 středy polokružnic nad LN . Ve zvláštních polohách těchto kružnic mohou mít množiny $\{O, O_1\}$ a $\{O', O'_1\}$ jeden společný bod. (Rovnost obou množin je zadáním vyloučena, protože body K, L, M, N jsou různé.) Je-li např. $O = O'$, pak úhlopříčka XY může ležet na libovolné přímce, která prochází bodem O a protíná oblouky KO_1M a LO'_1N , proto má úloha nekonečně mnoho řešení.

Další zvláštní případy zde rozebírat nebudeme, diskuse není snadná. Precizní diskusi úlohy si ukážeme u jiných postupů. Obecně lze říci tolik, že jiný počet řešení úlohy 2 než dvě dostaneme buď tehdy, jestliže přímka OO' (nebo přímka $O_1O'_1$) protne společný bod Thaletových kružnic – pak má nalezená úhlopříčka nulovou délku a hledaný čtverec degeneruje v bod, úloha tedy nemá řešení. Jestliže body O, O' splynou, má úloha nekonečně mnoho řešení. Lze ukázat, že oba speciální případy

nastávají pro situaci, kdy jsou úsečky KL a MN navzájem kolmé. Jsou-li shodné, má úloha nekonečně mnoho řešení, každý směr přímky k s výjimkou směru přímky KL je směrem strany hledaného čtverce. Pokud úsečky nejsou shodné, úloha nemá řešení.



Obr. 8



Obr. 9

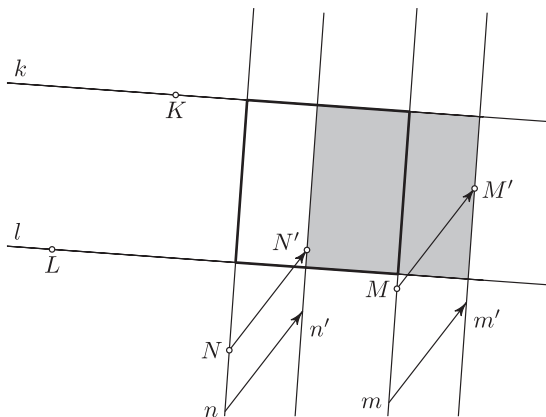
Řešení druhé – s využitím posunutí (a Thaletovy kružnice)

Úvaha 2. Snadno nahlédneme, že velikost a směr stran hledaného čtverce se nezmění, posuneme-li některou z úseček KL či MN o libovolný vektor.

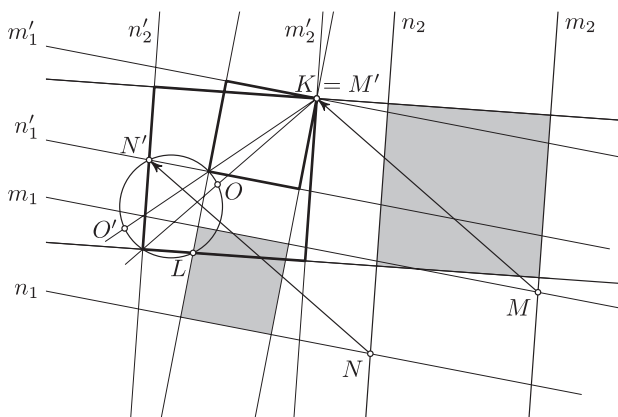
Jsou-li totiž dvě dvojice rovnoběžek $k \parallel l$ a $m \parallel n$ přímkami stran některého čtverce, pak tato jejich vlastnost zůstane zachována, posuneme-li jednu z těchto dvojic rovnoběžek o libovolný vektor (směr ani vzdálenost těchto rovnoběžek se posunutím nezmění), zatímco druhou dvojici rovnoběžek ponecháme v původní poloze (viz obr. 10 pro posunutí o vektor MM' , které převede dvojici rovnoběžek m, n na dvojici m', n').

Úlohu tedy zjednodušíme tak, že nejprve posuneme např. úsečku MN o vektor MK do polohy $M'N'$, aby bod M' splynul s bodem K . Poté

vyřešíme úlohu pro případ, že body K , M' splývají. Následně posuneme řešení – tedy přímky m' , n' – v posunutí určeném vektorem KM zpět do polohy, která vyhovuje původnímu zadání. (Stačí sestrojít pouze jednu z přímek, např. n' , a vše ostatní sestrojít již v původní poloze; řešení úlohy známe, jakmile známe směr jedné přímky, např. n .)



Obr. 10

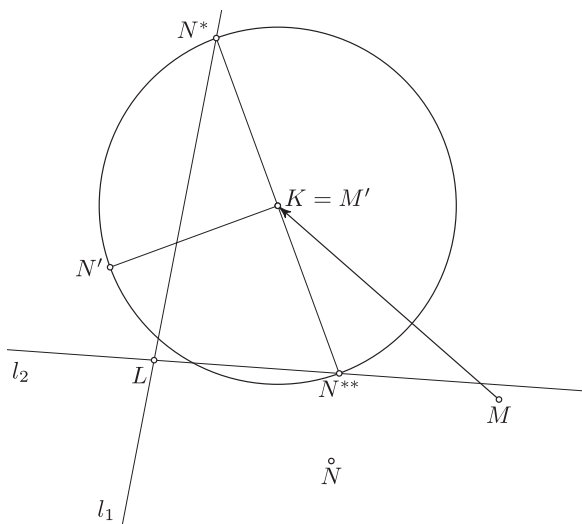


Obr. 11

Všimneme si, že v takto zjednodušeném zadání již známe jeden vrchol hledaného čtverce. Bodem $K = M'$ musí procházet dvě navzájem kolmé

přímky, na nichž leží strany čtverce, proto je to jeho vrchol. Úhlopříčka hledaného čtverce, která tímto vrcholem prochází, leží na přímce, která podle předchozího řešení prochází také bodem O' , středem jednoho z oblouků Thaletovy kružnice nad úsečkou LN' . Přímka KO' protne druhý oblouk LN' této kružnice v druhém krajním bodě uvažované úhlopříčky (obr. 11).

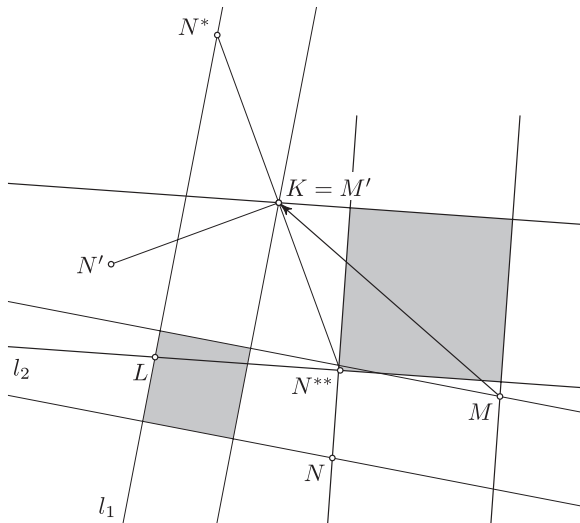
Diskuse řešení. Při uvedeném postupu sestrojíme ke každé přímce n přímku m s ní rovnoběžnou. Dostaneme tedy právě obě řešení úlohy 2, další dvě řešení původní úlohy 1 bychom získali pro přímku m kolmou k n . Speciální případ nastane, pokud bude bod $K = M'$ ležet na Thaletově kružnici nad LN' . Pokud bude ležet mimo body O, O' , nebude mít úloha řešení (čtverec bude mít úhlopříčku nulové délky, zdegeneruje v bod), pokud s některým z těchto bodů splyne, bude mít úhlopříčka z vrcholu K „neurčený“ směr, takže pak může ležet na každé přímce procházející bodem K s výjimkou přímky KL (a úloha bude mít nekonečně mnoho řešení). Snadno nahlédneme, že speciální případy nastanou právě tehdy, jsou-li úsečky KL, MN navzájem kolmé, přičemž případ $K = O$ (nebo $K = O'$) nastane právě tehdy, jsou-li obě úsečky navíc shodné.



Obr. 12

Řešení třetí – s využitím posunutí a otáčení

Po předchozí úvaze 2 vyjdeme ze zjednodušeného zadání pro $K = M'$ (obr. 12). Hledáme zbývající vrcholy čtverce o vrcholu K , jehož strany neprocházející bodem K leží na přímkách l , n' , které procházejí danými body L , N' . Otočíme-li přímkou n' o 90° ve vhodném směru kolem bodu K , splyne s přímkou l . Bod N' přejde v tomto otočení do bodu N^* , který bude na přímce l ležet. Jinými slovy: přímka l bude určena body L a N^* . Jelikož můžeme přímkou n' (bod N') otočit v kladném či záporném směru, získáme tak pro směr přímky l dvě různá řešení (obr. 12, 13).



Obr. 13

Diskuse řešení. Pokud po otočení body L , N^* splynou, je každý směr s výjimkou směru přímky KL vyhovující pro přímkou l . Úloha má v takovém případě nekonečně mnoho řešení. Pokud body L , N^* nesplynou, ale přímka LN^* bude procházet bodem K , nebude mít úloha řešení. Opět vidíme, že vyjimečné případy nastávají tehdy, jsou-li úsečky KL , MN navzájem kolmé. Nekonečně mnoho řešení má úloha právě tehdy, jsou-li zmíněné úsečky navíc shodné.

Řešení čtvrté – pomocí analytické geometrie

V rovině s kartézskou soustavou souřadnic Oxy jsou dány čtyři body $K[K_1, K_2]$, $L[L_1, L_2]$, $M[M_1, M_2]$, $N[N_1, N_2]$. Najdeme rovnice přímk k, l, m, n , které těmito body po řadě procházejí a splňují podmínky úlohy tak, že přímky k, l jsou navzájem rovnoběžné. Proto musí být hledané přímky k, m procházející body $K[K_1, K_2]$, $M[M_1, M_2]$ navzájem kolmé. Úlohu vyřešíme, když vypočteme jejich neznámé normálové vektory $\mathbf{k} = (k_1, k_2)$, $\mathbf{m} = (m_1, m_2)$. Protože $m \perp k$, můžeme při daném označení souřadnic vektorů zvolit $m_1 = k_2$, $m_2 = -k_1$, tedy $\mathbf{m} = (k_2, -k_1)$, a hledat pouze neznámé souřadnice k_1, k_2 vektoru \mathbf{k} .

Z podmínek $K \in k$, $M \in m$ plynou rovnice přímk k, m :

$$\begin{aligned} k &: k_1x + k_2y = k_1K_1 + k_2K_2 \\ m &: k_2x - k_1y = k_2M_1 - k_1M_2 \end{aligned}$$

Protože dvojicemi bodů L, K , resp. M, N , procházejí přímky l, k , resp. m, n , na nichž leží protilehlé strany čtverce, musí platit $|Lk| = |Nm|$. Tuto rovnost můžeme vyjádřit vztahem

$$\frac{|k_1L_1 + k_2L_2 - k_1K_1 - k_2K_2|}{\sqrt{k_1^2 + k_2^2}} = \frac{|k_2N_1 - k_1N_2 - k_2M_1 + k_1M_2|}{\sqrt{k_1^2 + k_2^2}},$$

což je ekvivalentní s rovností

$$|k_1L_1 + k_2L_2 - k_1K_1 - k_2K_2| = |k_2N_1 - k_1N_2 - k_2M_1 + k_1M_2|,$$

tedy

$$k_1(L_1 - K_1) + k_2(L_2 - K_2) = \pm (k_2(N_1 - M_1) - k_1(N_2 - M_2)). \quad (1)$$

Zavedeme-li pro zadané body K, L, M, N tři vektory $\mathbf{u}, \mathbf{v}, \mathbf{w}$, vztahy

$$\mathbf{u} = \overrightarrow{KL}, \quad \mathbf{v} = \overrightarrow{MN}, \quad \mathbf{w} \perp \mathbf{v}, \quad |\mathbf{w}| = |\mathbf{v}|,$$

lze pomocí nich zapsat odvozenou podmínku (1) ve tvaru

$$\mathbf{k} \cdot \mathbf{u} = \pm \mathbf{k} \cdot \mathbf{w}, \quad \text{neboli} \quad \mathbf{k} \cdot (\mathbf{u} \pm \mathbf{w}) = 0. \quad (2)$$

Protože $\mathbf{k} \neq \mathbf{o}$, plyne ze vztahu (2) buď $\mathbf{k} \perp (\mathbf{u} \pm \mathbf{w})$, nebo $\mathbf{u} \pm \mathbf{w} = \mathbf{o}$. Podmínka (2), která je výslednou rovnicí pro hledaný normálový vektor

přímky k , zaručuje rovnost $|Lk| = |Nm|$, přičemž vzdálenost $|Lk|$ je délkou strany hledaného čtverce. Musí být proto nenulová, musí tedy navíc platit $\mathbf{k} \cdot \mathbf{u} \neq 0$ (podle výše uvedeného vyjádření délky $|Lk|$, rozmyslete).

Shrneme výsledek našich výpočtů: Je-li vektor \mathbf{k} řešením skalární rovnice (2) splňující podmínku $\mathbf{k} \cdot \mathbf{u} \neq 0$, mají vyhovující přímky k, l, m, n rovnice:

$$k: k_1x + k_2y = k_1K_1 + k_2K_2$$

$$l: k_1x + k_2y = k_1L_1 + k_2L_2$$

$$m: k_2x - k_1y = k_2M_1 - k_1M_2$$

$$n: k_2x - k_1y = k_2N_1 - k_1N_2$$

Diskuse. Podle odvozené rovnice (2) a podmínky $\mathbf{k} \cdot \mathbf{u} \neq 0$ rozlišíme tři případy:

a) $\mathbf{u} = \pm \mathbf{w}$

Tento případ nastane, právě když jsou úsečky KL, MN navzájem kolmé a shodné. Rovnice (2) je pak splněna pro každý nenulový vektor \mathbf{k} . Pak jsou každé dvě rovnoběžky k, l libovolného směru (kromě směru \overrightarrow{KL} , kdy by splynuly) vedené body K, L a k nim kolmé přímky m, n vedené body M, N prodloužením stran nějakého čtverce.

b) $\mathbf{u} \parallel \mathbf{w}$

Rovnice (2) má dvě řešení: $\mathbf{k} \perp (\mathbf{u} \pm \mathbf{w})$. Přímky k, l jsou rovnoběžné buď s vektorem $\mathbf{u} + \mathbf{w}$, nebo s vektorem $\mathbf{u} - \mathbf{w}$. Úloha tedy má dvě řešení.

c) $\mathbf{u} \parallel \mathbf{w}, \mathbf{u} \neq \pm \mathbf{w}$

Nenulové vektory $\mathbf{u} + \mathbf{w}, \mathbf{u} - \mathbf{w}$ jsou rovnoběžné s vektorem \mathbf{u} . Není tedy splněna podmínka $\mathbf{k} \cdot \mathbf{u} \neq 0$ pro žádné řešení rovnice (2). Úloha nemá řešení, protože přímky k, l dané uvedenými rovnicemi splývají (obě s přímkou KL).

Literatura k následujícímu článku Mlžná komora

- [1] Kobzová, E.: *Počasí*. Rubico, 1988, str. 89–90.
- [2] Kolektiv autorů: *Atomový věk*. SNTL, Praha, 1966, str. 281–283.
- [3] <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/>
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Bethe-Bloch-formula>
- [5] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>
- [6] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>
- [7] <http://www.wikiweise.de/wiki/Bild%3ASpektrum.png>

Mlžná komora

Pavel Motal, SOŠ a SOU Kuřim
Martin Veselý, FJFI ČVUT Praha

Historie vývoje mlžné komory

Jelikož není možné částice hmoty pozorovat pouhým okem, bylo vyvinuto zařízení, jež zviditelňuje dráhy těchto částic vytvářením mlžné stopy v parami přesyteném vzduchu. Toto zařízení se nazývá mlžná komora. Ta byla vynalezena v roce 1911 C. T. R. Wilsonem. Původní konstrukce využívala pro vytvoření nasycených par expanzi a následné ochlazení vzduchu (tzv. expanzní komora). Dnes používaná komora je založena na difúzi par z teplejší do chladnější oblasti (tzv. difúzní komora) a byla vynalezena v roce 1936 Langsdorfem a dále zdokonalena v 50. letech 20. století. Právě difúzní mlžná komora se používá dodnes, avšak její význam pro detekci částic je takřka nulový. Používá se spíše pro demonstraci různých procesů při výkladu částicové fyziky.

Princip funkce mlžné komory

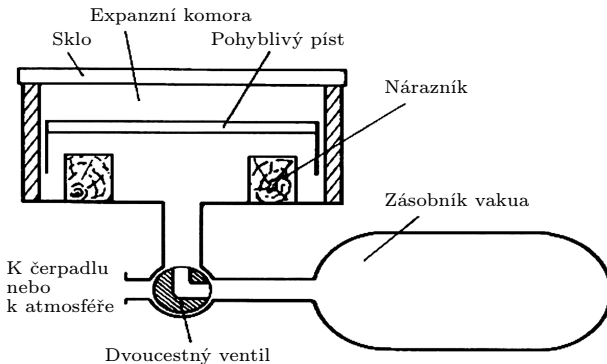
Kondenzace par na iontech a ionizace prostředí

Je známo, že se snižující se teplotou vzduchu klesá objem par, které může obsahovat. Pokud dojde při ochlazování vzduchu, jenž obsahuje stále stejné množství par, k dosažení tzv. teploty rosného bodu, vznikají tzv. nasycené páry. Při dalším ochlazování vzduchu začínají přebytké páry kondenzovat, avšak podmínkou kondenzace je přítomnost tzv. kondenzačních jader. Pokud se kondenzační jádra ve vzduchu nevykytují, páry kondenzují až při vlhkosti vzduchu silně přesahující 100 %, tudíž vznikají tzv. přesytené páry. Kondenzačními jádry mohou být prachové částice, krystaly solí, pylové částice, ale též ionty (objeveno právě C. R. T. Wilsonem v roce 1897). Právě ionty jsou podstatné pro funkci mlžné komory. Pokud skrze přesytené páry v mlžné komoře prolétá částice, dojde k ionizaci prostředí a kondenzaci par na těchto iontech, čímž se zviditelní stopa částice. V případě, že má částice elektrický náboj,

dochází k ionizaci přímo působením elektrických sil na elektrony v molekulách prostředí (hovoříme pak o tzv. přímo ionizujícím záření). Pokud částice procházející mlžnou komorou nemá elektrický náboj, lze obvykle pozorovat tzv. sekundární jevy vyvolané průchodem této částice. Jejich výsledkem je vznik dalších částic, přičemž ty nabitě lze bez problémů v mlžné komoře pozorovat.

Princip expanzní mlžné komory

Hlavní částí této komory je pohyblivý píst (obr. 1). Prostor nad pístem obsahuje směs čistého vzduchu (tj. bez kondenzačních jader) a par (např. vodních). Po spojení prostoru pod pístem se zásobníkem vakua prostřednictvím dvoucestného ventilu dojde k posunu pístu směrem dolů, čímž se prudce zvětší prostor nad pístem. Toto způsobí adiabatickou expanzi vzduchu. To znamená, že rozpínající se plyn koná práci, čímž ztrácí energii, a tudíž klesá jeho teplota. Toto ochlazení způsobí vznik přesycených vodních par. Po průchodu částice těmito parami dojde k procesu, jenž byl popsán výše, a zviditelní se tak stopa částice.

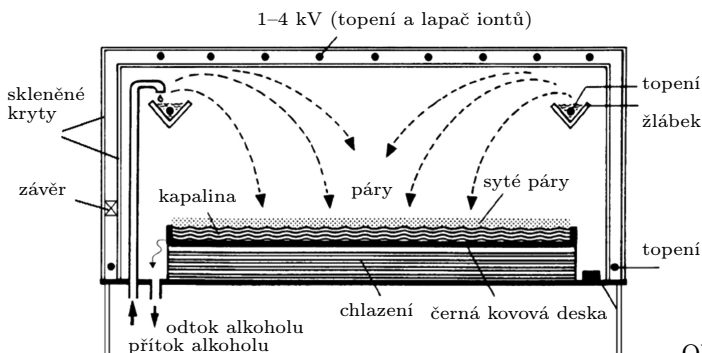


Obr. 1

Princip difúzní mlžné komory

Nyní se podíváme na dokonalejší typ mlžné komory (obr. 2). Ve žlábkku, který je ohříván odporovým topením, se nachází organická sloučenina zvaná izopropylalkohol ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$). Po ohřátí začne docházet k jeho odpařování. Jelikož je spodní část mlžné komory chlazená na teplotu $-30\text{ }^\circ\text{C}$ (toho lze dosáhnout pomocí chladničky nebo suchého ledu - CO_2), vzniká v komoře teplotní gradient (rozdíl dvou teplot při-

padaající na jednotkovou výšku). Jelikož se každá částice snaží mít co nejmenší energii, je důsledkem vzniku teplotního spádu difúze par z teplejší do chladnější oblasti. S klesající teplotou postupně roste nasycení vzduchu parami izopropylalkoholu, až dojde k jeho přesycení ve spodní části komory. Právě zde lze pozorovat mlžné stopy zanechané částicemi. Pozorování drah částic je usnadněno černou kovovou deskou a intenzivním osvětlením komory.



Obr. 2

Průhledné části mlžné komory jsou též vyhřívány prostřednictvím topných vodičů, aby na nich nekondenzovaly alkoholové páry, a nebylo tak znemožněno pozorování drah částic.

Částice, které můžeme pozorovat

Alfa záření

Alfa záření je tvořeno jádry helia ${}^4_2\text{He}$. Záření alfa je velmi málo pronikavé a zastaví jej i papír. Jelikož má toto jádro náboj $2e$ a vysokou hmotnost, vytváří široké krátké stopy (obr. 3).



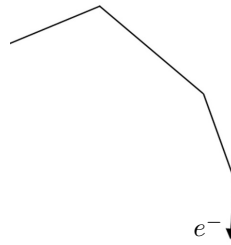
Obr. 3

Beta záření

Je nutné si uvědomit, že existují dva druhy tohoto záření, a to:

1. β^- (beta minus) – toto záření je tvořeno tokem elektronů, které vznikají při rozpadu neutronů v jádře atomu radioaktivního prvku, jež lze popsat jako $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$; produktem beta minus rozpadu je proton, elektron a elektronové antineutrino.

2. β^+ (beta plus) – tento druh záření je tok pozitronů (antičástice k elektronu) vznikajících při rozpadu excitovaného protonu v jádře (tzn. o vyšší energii, než je jeho energie klidová); proton musí být excitovaný, aby nebyl porušen zákon zachování energie; rozpad lze popsat jako $n \rightarrow p + e^+ + \nu_e$; produktem tohoto rozpadu je neutron, pozitron a elektronové neutrino.

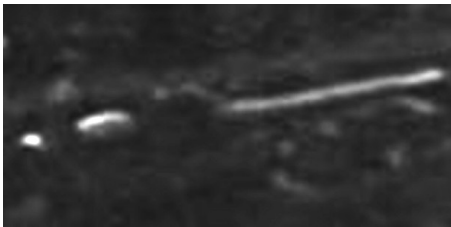


Obr. 4

Na obr. 4 je dráha nízkoenergetického elektronu. Kvůli své nízké hmotnosti a nízké energii se snadno odráží od okolních částic, čímž vzniká zakřivená dráha.

Protony

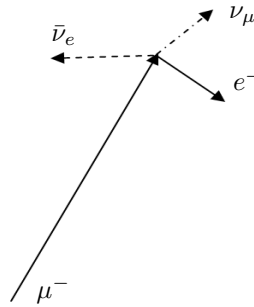
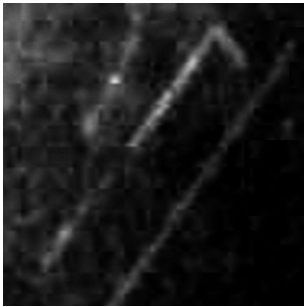
Protony jsou kladně nabitě částice, které se nacházejí v atomovém jádře. Zanechávají po sobě široké stopy, jež jsou podobné těm, které zanechávají alfa částice, avšak stopy protonů jsou delší kvůli nižší hmotnosti a náboji oproti alfa částicím (obr. 5).



Obr. 5

Miony

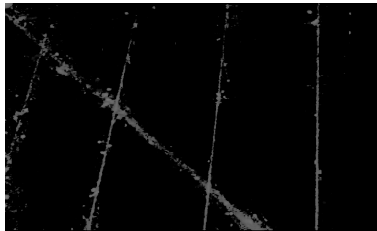
Jsou to těžké záporně nabitě elementární částice s dobou života asi $2 \mu s$. Po této době se rozpadají podle schématu $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$. Rozpad je možné pozorovat v mlžné komoře (obr. 6), avšak neutrino a antineutrino (ν_e – elektronové, ν_μ – mionové) viditelná nejsou, jelikož nezpůsobují ionizaci prostředí. To je způsobeno tím, že nemají elektrický náboj a mají velmi malou klidovou hmotnost ($m_{\nu_e} \leq 10^{-8} \text{ GeV}/c^2$, $m_{\nu_\mu} \leq 0,0002 \text{ GeV}/c^2$).



Obr. 6

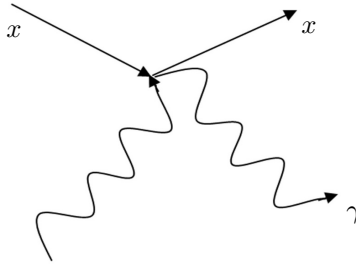
Gama záření

Gama záření je elektromagnetické vlnění (dále EMV) o frekvenci vyšší než 10^{18} Hz . EMV je rovněž možné popsat jako částici γ (foton) o energii $E = hf$, kde h je Planckova konstanta ($h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$) a f je frekvence. Foton je částice bez náboje, proto není schopen vytvořit v mlžné komoře stopu, avšak lze jej identifikovat podle sekundárních jevů, které způsobuje. Mohou se vyskytnout tři sekundární jevy, přičemž pravděpodobnost výskytu jevu závisí na energii fotonu (resp. frekvenci EMV). Při nízkých energiích dochází k *fotoefektu*, což je emise elektronu z atomového obalu. Stopa emitovaného elektronu je již viditelná. Na obr. 7 jsou viditelné stopy takto emitovaných elektronů.



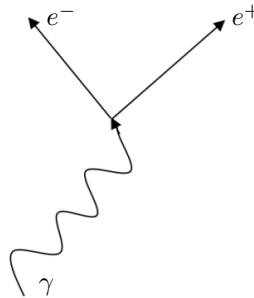
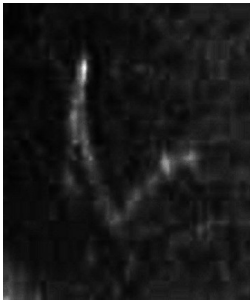
Obr. 7

Při vyšších energiích dochází k tzv. *Comptonovu rozptylu (jevu)*. Při nárazu fotonu do jiné částice x dojde k interakci, projevující se změnou směru pohybu obou částic (obr. 8). Změna směru pohybu částice x je již pozorovatelná. Při Comptonově jevu též dochází k předání části energie fotonu odražené částici (nastává tzv. nepružná srážka), tudíž vzroste její kinetická energie a sníží se energie fotonu (a tím i frekvence EMV ekvivalentní fotonu).



Obr. 8

Pokud energie fotonu přesáhne 1,022 MeV, může dojít ke kreaci páru elektron–pozitron. Stopy obou částic je opět možné pozorovat. Pro rozlišení elektronu a pozitronu je nutné do mlžné komory umístit zdroj magnetického (případně elektrického) pole, neboť obě částice se od sebe liší pouze znaménkem náboje. Kreace elektron-pozitronového páru je vidět na obr. 9.



Obr. 9

Při velmi vysokých energiích (více než 2,5 MeV) gama záření může také nastat tzv. *fotojaderná reakce*. Pokud jádro zachytí foton, může dojít k emisi částic, které tvoří jádro, a to buď ve formě jednotlivých částic (tedy protonů a neutronů) či jejich kombinací (např. alfa částice, deuterony, tritony, ...), případně k rozštěpení jádra. Pokud je emitovaná částice elektricky nabitá, lze ji v mlžné komoře snadno detekovat.

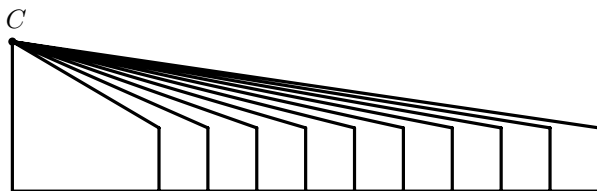
Optimální tvar podlahy hlediště

Stanislav Trávníček, PřF UP Olomouc

Každý asi někdy a někde získal tuto zkušenost: na pódiu, na jevišti, na plátně v kině, na hřišti se něco děje, my však vidíme přes hlavy diváků před námi jen něco, v nejhorším případě jen ty hlavy. V jiném hledišti zase třeba vidíme parádně, a to i pod dolní okraj jeviště, které nás zajímá. Problémy bývají v sálech s vodorovnou podlahou, kdy zpravidla diváci vzadu hůře vidí. Můžeme mít oprávněný pocit, že když se alespoň zadní část podlahy hlediště nadzvedne, tj. když se svažuje k místu předvádění, tak je vzadu vidět lépe.

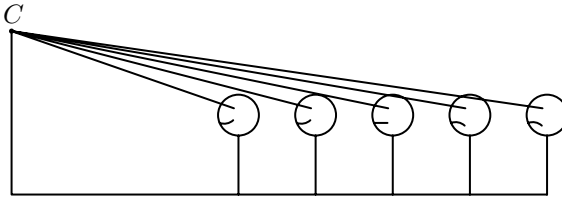
Takže jaká by tedy měla být podlaha hlediště? V dalším nám půjde o to, udělat si o odpovědi na tuto otázku rozumnou představu. Použijeme k tomu matematické modelování, což znamená, že musíme odhlédnout od mnoha konkrétních faktorů a formulovat zjednodušující předpoklady.

Pro určitější vyjadřování si představme například kinosál. Vespod kinosálu je skutečná nebo myšlená základní rovina – podlaha v nejnižší části hlediště. Na čelní stěně je promítací plátno a střed jeho dolního okraje označme C . Budeme se zabývat dále těmi diváky, kteří sedí v sále za sebou, každý uprostřed své řady, tedy naproti bodu C . Tento bod C pro náš účel nazveme cílový bod a budeme předpokládat, že divák, který dobře vidí cílový bod, vidí dobře celé plátno a „dobře vidí“. Dalším zjednodušujícím předpokladem je, že jsou všichni diváci stejně velcí. Zkusme grafický model, kdy diváky zobrazíme jako svislé úsečky. Vytvoříme si jednoduché schéma reálné situace za předpokladu, že podlaha hlediště je přímo v základní rovině (obr. 1).



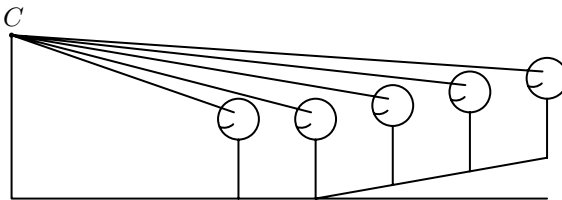
Obr. 1

Přímky jdoucí od diváků k bodu C (znázorňující pohledy diváků) se sice stále zhušťují, ale z tohoto obrázku může vzniknout dojem, že všichni – i ti vzadu – na dolní okraj plátna dobře vidí, i když stále těsněji nad hlavou diváka, který sedí v předchozí řadě. My však víme ze zkušenosti, že tomu tak není, z čehož plyne, že náš model nevystihuje zkoumanou situaci, že je tedy nesprávný, že jsme zanedbali něco podstatného. Podstatu závady objevíme snadno. Zanedbali jsme totiž ten podstatný fakt, že nemáme oči na temeni hlavy, ale níže v obličejí.



Obr. 2

Na obr. 2 je v dokonalejším modelu znázorněno 5 za sebou sedících diváků a vidíme, že první dva vidí dobře (první ovšem samozřejmě), třetímu už vršek hlavy druhého diváka zakrývá cílový bod a čtvrtý a pátý divák už cílový bod nevidí (tj. hlava předchozího diváka jim zakrývá část plátna) a dovedeme si představit, že rozšířením zobrazení hlediště dále doprava by se situace ještě zhoršovala. Z obrázku je také zřejmé, že kdybychom třetího diváka mírně pozvedli, čtvrtého víc a pátého ještě víc, mohli by všichni vidět dobře. Na obr. 3 je voleno nahodilé nadzvednutí podlahy po přímcce; vidíme, že se sice diváci liší v tom, jak vysoko vidí nad hlavu předchozího diváka, ale všichni vidí dobře.



Obr. 3

Nás bude zajímat případ, kdy všichni diváci vidí stejně dobře (tento pojem si dále upřesníme), kdy nenastanou případy, že divák vidí „zbytečně dobře“ (samozřejmě první řadu z tohoto porovnávání vyjímáme). Pro další přesnější postup potřebujeme zavést vhodná označení. Volíme

tato:

h – výška cílového bodu C nad základní rovinou

x_n – vzdálenost (středu) n -té řady diváků od čelní stěny s bodem C

y_n – výška podlahy n -té řady nad základní rovinou

d – vodorovná vzdálenost mezi řadami

N – počet řad

a – výška očí diváka nad podlahou jeho řady

b – převýšení

Budeme předpokládat, že hodnota a je stejná pro každého diváka; hodnotu parametru a necháme dále volitelnou a jako *standard pro sedícího diváka* budeme dále používat 110 cm. Každý divák je potenciální překážkou dobrého vidění diváka, který sedí za ním. Nebudeme chtít, aby standardní divák při pohledu na bod C viděl temeno hlavy předchozího, ale aby viděl „trochu lépe“ a stejně také všichni ostatní vpředu i vzadu. Převýšení b se tedy skládá ze dvou složek: ze vzdálenosti b_1 od vodorovné roviny očí po temeno hlavy (např. 12 cm) a ze vzdálenosti b_2 od temena hlavy po jistý bod P – bod pohledu – nad hlavou (např. 8 cm nebo více). Řekneme, že všichni diváci od 2. řady vidí *stejně dobře*, když jejich oči, bod P předchozího diváka a bod C leží na jedné přímce, tj. když jim při pohledu na cílový bod splyne „průmět“ bodu P s bodem C . Volbou b_2 (tedy vlastně volbou b) tedy volíme, „jak moc“ má vidět standardní divák nad hlavu standardního diváka sedícího před ním. Tím lze do našeho modelu zapracovat určitou kompenzaci toho faktu, že všichni diváci nejsou stejně velcí, že někdo je většího vzrůstu nebo bude mít na hlavě klobouk (na hokeji). Údaj $c = a + b$ pak udává výšku bodu P nad podlahou příslušné řady, tj. celkovou výšku „překážky“. Předpokládáme, že hodnota parametrů a a b je pro různé případy volitelná, ale pro všechny diváky táž. Za těchto předpokladů prohlásíme tvar podlahy hlediště za optimální.

Hodnoty vstupních parametrů h , x_1 , y_1 , d , N , a , b jsou volitelné, pro výpočet x_n a y_n odvodíme rekurentní vzorce. Pro x_n to není žádný problém, neboť platí

$$x_{n+1} = x_n + d. \quad (1)$$

Rekurentní vzorec pro y_n získáme pomocí obr. 4.

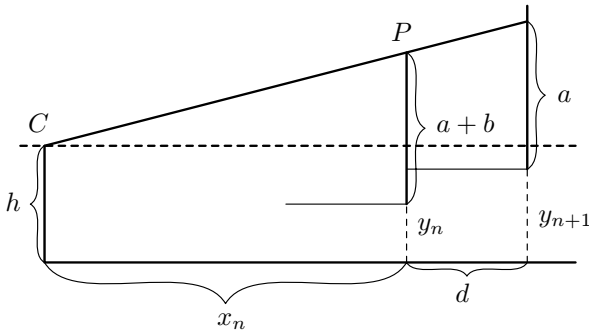
Platí

$$\frac{y_{n+1} + a - h}{x_n + d} = \frac{y_n + a + b - h}{x_n},$$

odkud

$$y_{n+1} = (y_n + a + b - h) \frac{x_n + d}{x_n} - a + h. \quad (2)$$

Zvolením hodnot x_1 (vzdálenost první řady diváků od čelní stěny s bodem C) a y_1 (výška podlahy první řady nad základní rovinou) můžeme užitím (1) a (2) vypočítat i graficky znázornit tvar podlahy hlediště. Tato podlaha je zpravidla stupňovitá, tj. každá řada má svou výšku podlahy. Samozřejmě že pro různé hodnoty parametrů dostaneme různé tvary podlahy, což si zanedlouho ukážeme na příkladech.



Obr. 4

Nejprve si připravme pracovní verzi programu v Pascalu (pracovní verze programu znamená, že jsou použity minimální programovací prostředky k tomu, aby program při svém chodu poskytl maximum potřebných informací). Pro jednoduchost volme základní měřítko zobrazení reálných objektů tak, že 1 cm ve skutečnosti = 1 pixel na obrazovce. Pro získání lepšího přehledu po větších hledištích lze volit koeficient zmenšení Zm ; např. pro $Zm = 5$ se obrázek pětikrát zmenší, a lze tak zobrazit až pětikrát větší část hlediště.

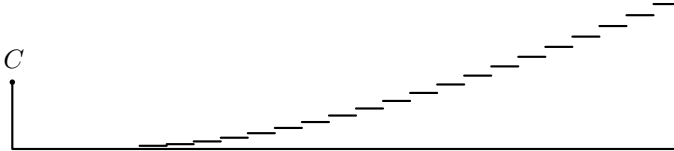
V pracovní verzi programu nebudeme parametry volit po spuštění programu, ale přímo ve zdrojovém textu programu. Čtenář znalý programování si program může snadno upravit podle svého.

Analýzou programu se nebudeme zabývat, protože problém je zcela jednoduchý – naprogramovat cyklus pro výpočty (1) a (2) a vypočtený stupeň hlediště (délka stupně je d) zobrazit, dále zobrazit bod C a základní rovinu, případně doplnit další čáry pro získání názornějšího obrázku. Program je dostatečně komentován.

INFORMATIKA

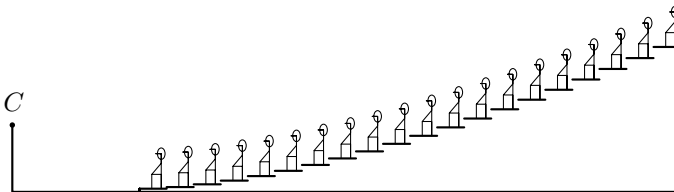
```
program Podlaha;
uses Graph;
const
  A = 110;      {vyska oci sedici postavy}
  B = 20;      {od oci po bod P}
  C = A+B;     {celkova vyska 'prekazky'}
  H = 210;     {vyska bodu C nad zakladni rovinou}
  X1 = 400;    {odstup 1. rady sedadel}
  Y1 = 10;     {vyska 1. rady sedadel}
  D = 85;      {mezera mezi radami}
  N = 20;      {pocet rad}
  Zm = 5;      {zmenseni}
  Ox = 400;    {vertikalni souradnice osy x}
  Oy = 6;      {horizontalni souradnice osy y}
var X, Y, YO: Longint;
  I: Integer;  grDriver, grMode, ErrCode: Integer;
begin {program}
  grDriver := Detect;
  InitGraph(grDriver,grMode,'');
  ErrCode := GraphResult;
  if ErrCode = grOk then
  begin
    X := Oy+X1;
    Y := Y1;
    SetColor(White);
    for I := 1 to N do
    begin
      YO := Y;
      {podlaha n-te rady:}
      Line(Oy+(X-D) div Zm, Ox-Y div Zm,
           Oy+X div Zm, Ox-Y div Zm);
      Y := ((Y+C-H)*(X+D)+X div 2) div X +H-A;
      X := X + D
    end;
  {celni stena s bodem C:}
  Line(Oy, Ox, Oy, Ox-H div Zm);
  OutTextXY(Oy-2, Ox-H div Zm -10, 'C');
  {zakladni rovina:}
  Line(Oy, Ox, Oy+(X1+(N-1)*D) div Zm, Ox);
  {predni cast hlediste}
  Line(Oy+(X1-D) div Zm, Ox-Y1 div Zm,
       Oy+(X1-D) div Zm,Ox);
  {zadni cast hlediste:}
  Line(Oy+(X1+(N-1)*D) div Zm, Ox,
       Oy+(X1+(N-1)*D) div Zm, Ox-YO div Zm);
  ReadLn
  end;
  CloseGraph
end. {program}
```

Na obr. 5 je znázorněn pohled na podlahu hlediště při zadání hodnot parametrů, jak jsou uvedeny ve zdrojovém textu programu, což může odpovídat malému biografu. Podlaha 1. řady je pro větší názornost zadána 10 cm nad základní rovinou, promítací plátno je o 2 m výše, 1. řada je 4 m od plátna, je tu 20 řad, mezera mezi řadami je 85 cm, $Zm = 5$.



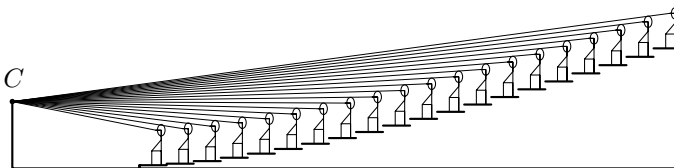
Obr. 5

Čtenář trochu ovládající programování v Pascalu si může sál oživit modely diváků, viz např. obr. 6 s tímž zadáním parametrů jako u obr. 5. Obrázek je vytvořen tak, že každý divák má svůj bod P (přes který za ním sedící divák vidí bod C) – dle zadání čísla b a vzhledem k měřítku – těsně nad hlavou.



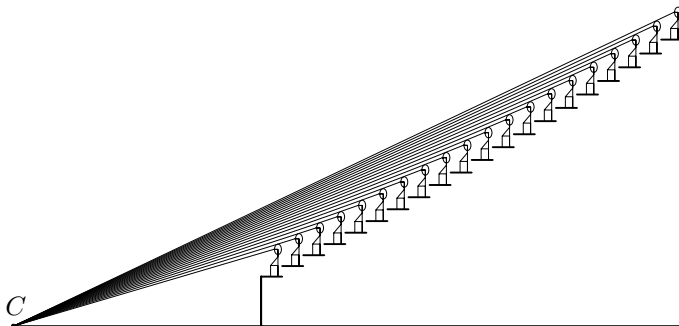
Obr. 6

Můžeme se i přesvědčit, že všichni diváci vidí stejně dobře (zmenšení obrázku ovšem situaci mírně zkresluje, obr. 7). Proberme si ještě některé další případy.



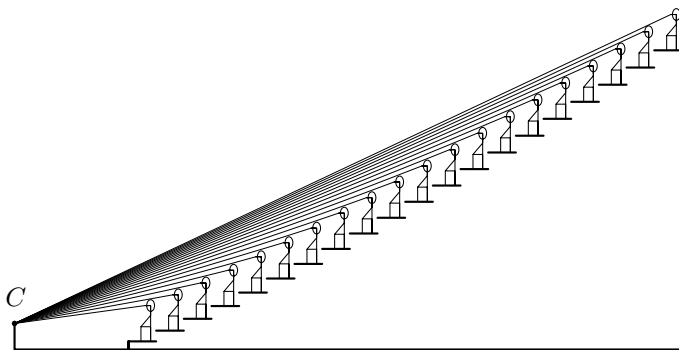
Obr. 7

V některých případech je cílový bod v základní rovině – na bližším okraji hřiště na sportovních stadiónech nebo při sálových sportech. Pro obr. 8 (kopaná) bylo zvoleno $a = 110$, $b = 15$, $h = 0$, $x_1 = 1000$, $y_1 = 200$, $d = 85$, $n = 20$, $Zm = 6$. Zmenšení sklonu hlediště je tu důsledkem většího odstupu 1. řady diváků od vlastního hřiště.



Obr. 8

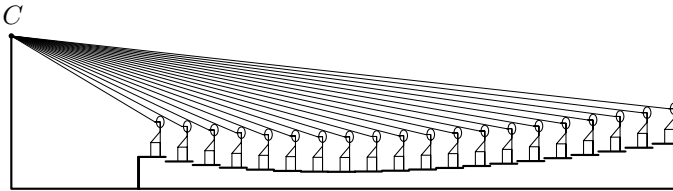
Hlediště na hokejovém stadionu má cílový bod nahoře na nejbližším mantinelu. Pro obr. 9 je zvoleno $a = 110$, $b = 20$, $h = 100$, $x_1 = 350$, $y_1 = 25$, $d = 85$, $n = 20$, $Zm = 6$. Zvětšení h do výšky mantinelu působí na zmenšení sklonu profilu podlahy, ale naopak zvýšení požadavku na vidění (zvětšení b) i menší odstup 1. řady sedadel působí zase opačně na zvětšení jejího sklonu. Čím větší je komfort pro diváka (tj. větší b), tím více se podlaha zvedá.



Obr. 9

Z těchto příkladů vidíme, že hlediště je – zdá se – vždy přivráceno k cílovému bodu a profil podlahy je mírně prohnutý dolů. Tvar a sklon profilu podlahy je velmi závislý zejména na velikosti h , ale též na c a dalších parametrech.

Na závěr si na obr. 10 ukážeme tvar podlahy v kinosálu v případě, že by bylo promítací plátno umístěno poměrně vysoko. Je tu zvoleno: $a = 110$, $b = 18$, $h = 380$, $x_1 = 400$, $y_1 = 100$, $d = 85$, $n = 20$, $Zm = 5$. Vidíme, že obecně neplatí naše předchozí domněnka o sklonu hlediště; v posledním případě je přední část profilu podlahy od bodu C dokonce odvrácena.



Obr. 10

Tyto naše teoretické výzkumy je pak třeba posoudit z hlediska reality. Např. oblouk v profilu podlahy lze z konstrukčních důvodů nahradit úsečkou nebo lomenou čarou a zhoršené vidění, ke kterému by tak mohlo v některých místech hlediště dojít, lze ošetřit úpravou sklonu příslušné strany této lomené čáry. Další úpravou, která částečně přináší určitou úsporu, je to, že sedadla jednotlivých řad nejsou přesně za sebou, ale jsou mezi dvěma řadami posunuta stranou o půl sedadla. Tím by mohl být zmenšen sklon profilu podlahy. Stranové posunutí sedadel je však třeba doplnit vhodnou volbou hodnoty parametru b , resp. c ; musíme totiž vzít v úvahu, že čím více se blížíme k okrajům řad, přestává stranové posunutí fungovat, a sledování programu může rovněž narušit dvojice před námi, která si má co sdělovat a naklání k sobě hlavy. V moderních hledištích se proto počítá s dostatečně velkým parametrem c .

Dobrá matematika, nech už pramení z čokolívek, sa nakoniec ukáže ako užitočná.

Ian Stewart: Číslo přírody. Bratislava: Archa 1996

Vybral D. Jedinák

Účast Františka Běhounka na polárních výpravách v letech 1926 a 1928

Rudolf Kolomý, Moravská Třebová

Úvod

V roce 2006 uplynulo osmdesát let od přeletu Nobileho vzducholodi Norge nad severním pólem, což bylo považováno za první oficiální uznání dobytí severního pólu, když předtím ohlášená dosažení pólu nebyla všeobecně přijímána. V roce 2008 uplyne osmdesát let od dosažení severního pólu zdokonalenou Nobileho vzducholodí Italia, která na zpáteční cestě 25. května 1928 ztroskotala na plujícím ledu v polární oblasti nedaleko Severovýchodní země. Obě expedice byly u nás od počátku pozorně sledovány v denním tisku a v rozhlase, neboť obou se zúčastnil mladý český vědec František Běhounek (1898–1973), později významný fyzik–radiolog, žák Marie Curieové–Skłodowské (1867–1934). Zejména druhé expedici byla věnována velká pozornost, jakmile vešlo ve známost, že vzducholod' před přistáním havarovala a delší dobu nebylo nic známo o osudu její šestnáctičlenné posádky. Celý svět potom s napětím sledoval početné záchranné akce na pomoc polárníkům organizované s velkým nasazením v různých zemích. U nás byl zájem o to větší, že na palubě vzducholodi Italie byl náš nadějný badatel, kterého k účasti na expedici doporučila sama jeho pařížská školitelka, dvojnásobná nositelka Nobelovy ceny. Samotná příprava a později vlastní let byl v naší veřejnosti hned od počátku pozorně sledován, poněvadž v důsledku nepříznivého počasí dramaticky probíhal již nad územím Moravy na cestě z Milána přes Terst, Lublaň, Vídeň, Brno na operační základnu v Kings Bay na Špicberkách s mezipřistáními v pomořanském Stolpu (polském Slupsku) na pobřeží Baltského moře a v severonorském Vadsö.

První expedice vzducholodí Norge v roce 1926

Nebýt paní Curieové sotva by se mohl František Běhounek zúčastnit výprav k severnímu pólu v letech 1926 a 1928 a zapojit se do vědec-

kého výzkumu v dalekých oblastech, k němuž měl odborné předpoklady. První příležitost se naskytl, když v roce 1925 oznámil tehdy nejslavnější norský polární badatel, první přemožitel jižního pólu (1911), Roald Amundsen (1872–1928), pokus přeletět severní pól za pomoci vzducholodi. Amundsen totiž na jaře téhož roku společně s americkým polárním badatelem, průmyslníkem a významným finančním sponzorem všech jeho aktivit, Lincolnem Ellsworthem (1880–1951), a čtyřmi dalšími členy posádky neuspěl při dosažení severního pólu na hydroplánu. Připadl tak na myšlenku použít k přeletu vzducholodi, a proto se obrátil na tehdy již známého a úspěšného konstruktéra vzducholodí, italského inženýra, plukovníka Umberta Nobileho (1885–1978), se žádostí o odkoupení jeho vzducholodi N1 – později přejmenované na Norge (Norsko), sestavené v roce 1924. Nobile vyhověl, jeho vzducholodě měla poloztuženou konstrukci, byla 106 m dlouhá s maximálním průměrem 19,5 m, objem činil 19 000 krychlových metrů, náplň byl vodík, obal tvořila čtyřvrstvá bavlněná tkanina, uvnitř pogumovaná, zvnějšku opatřená hliníkovým nátěrem. Její pohon zajišťovaly tři zážehové motory značky Maybach v samostatných gondolách o celkovém výkonu 750 k (asi 560 kW), vyvinutá maximální rychlost činila 113 km/h. Sám Nobile s celou italskou posádkou zajišťoval technickou stránku letu.

Nejvýznamnější finanční podporu celé akci opět přislíbil L. Ellsworth, ovšem za předpokladu, že se bude moci letu osobně zúčastnit. Pro F. Běhouneka se naskytl možnost měřit atmosférickou elektřinu, radioaktivitu vzduchu a kosmické záření v polárních oblastech, když předtím jako asistent Státního radiologického ústavu podobná měření prováděl v letech 1924–1925 v Jáchymově. Navázal kontakt s velitelem a zároveň vědeckým vedoucím celé expedice R. Amundsenem se žádostí o účast. Byl jím však odkázán na organizátora celé akce, kterým byl Norský aeroklub. Ten nejprve jeho žádost odmítl, ale nakonec Běhounekovi dovolil umístit ve vzducholodi registrační přístroje nevyžadující speciální obsluhu, avšak zatím bez jeho osobní účasti. Bohužel finanční prostředky na zakoupení a konstrukci přístrojů (50 000 Kč) a na výlohy spojené s jejich instalací a obsluhou (20 000 Kč) musel F. Běhounek získat sám. Neuspěl na ministerstvu veřejných prací, do jehož kompetence příslušely záležitosti Státního radiologického ústavu a jeho zaměstnanců, ani u prezidenta T. G. Masaryka, dokonce nepomohla ani diplomatická přímluva u Alice Masarykové. V beznadějně situaci se Běhounek obrátil k paní Curieové, která obratem napsala doporučující dopis prezidentu republiky, datovaný 19. března 1926, v tomto znění:

*Pane prezidente,
jeden mladý vědec Vaší země, p. František Běhounek, mě prosil o doporučení do Vaší šlechetné přízně, aby mu bylo dovoleno realizovat vědecký projekt, kterému přikládá velkou důležitost.*

Pan František Běhounek, který je spojen s univerzitou a pražským radiologickým ústavem, pracoval během jednoho školního roku v mé laboratoři a pak se sem vrátil ještě k několika týdenním pobytům. Považuji ho za dobrého fyzika, rozumného ve svých představách, aktivního a mimořádně svědomitého při výkonu svých prací, z nichž několik publikovaných má skutečnou vědeckou hodnotu. Je navíc vysoce oddaný vědeckému bádání a ze všech těchto důvodů myslím, že si zaslouží povzbuzení.

Pan František Běhounek si hluboce přeje zúčastnit se Amundsenovy polární expedice, která se má uskutečnit velmi záhy. Chtěl by spolupracovat na této expedici, aby tam provedl měření atmosférické elektřiny, mající velký vědecký význam. K tomu cíli potřebuje přístroje, na jejichž konstrukci žádal podporu – její přidělení bylo předloženo k Vašemu laskavému rozhodnutí. Právě v této věci mě požádal o doporučení u Vás. Mohu ho určitě doporučit bez jakýchkoliv výhrad; jednak mu plně důvěřuji, že splní předsevzatý úkol, jednak sdílím jeho názor v otázce užitečnosti fyzikálních pokusů, které si předsevzal provést v polární oblasti a které mohou velmi užitečně přispět k pokroku vědy.

Věřte, že si uchovávám vzácnou vzpomínku na milé přijetí, kterého se mi dostalo od Vás a Vaší slečny dcery během mého pobytu v Československu a buďte, prosím, ujištěn projevem mé nejhlubší úcty.

M. Curie.

(došlo 22. března 1926)

K výše citovanému dopisu dodávám, že paní Curieová navštívila naši republiku ve dnech 15. až 18. června 1925, když se vracela do Paříže z Varšavy, kde se zúčastnila slavnostního kladení základního kamene ke stavbě polského Radiologického ústavu ve Varšavě. V Lánech byla přijata v přítomnosti Františka Běhouнка prezidentem republiky a potom odjela za doprovodu svého žáka, prof. Rudolfa Jedličky (1869–1927), a amerického radiologa českého původu, Aloise F. Kovarika, do Jáchymova a Karlových Var. V Jáchymově na výslovné přání sfárala do dolu Svornost, odkud v roce 1898 získala zdarma větší množství smolince, z něhož

v též roce izolovala se svým manželem Pierrem Curie (1859–1906) první radioaktivní prvky polonium a radium.

Dvojnásobné laureátce Nobelovy ceny nebylo možné nevyhovět. Ministerstvo veřejných prací nakonec zakoupilo pro Státní radiologický ústav – k zapůjčení na výpravu k severnímu pólu – přístroje (různé typy elektrometrů) v ceně 25 000 Kč a kromě toho udělilo Běhounkovi subvenci 4 500 Kč. Sám prezident T. G. Masaryk přispěl částkou 10 000 Kč.

F. Běhounek se nakonec, i přes krátkost termínu, polární expedice Amundsen–Elswortha–Nobileho zúčastnil, i když musel na výchozí základnu v Kings Bay (Ny-Alesund) na Špicberkách cestovat s těžkými měřicími přístroji a zavazadly vlakem a lodí, avšak již cestou prováděl příslušná měření. Vzducholod' startovala 10. dubna 1926 z letiště Ciampino poblíž Říma a po nesnadném letu s krátkými mezipřistáními ve Francii, Anglii, skandinávských hlavních městech, v Rusku na letišti poblíž Leningradu a v severonorském Vadsö přistála na Špicberkách. V Kings Bay čekalo Běhouneka nemilé překvapení. Do poslední chvíle totiž věřil, že se mu podaří přesvědčit Amundsen o svém zařazení do šestnáctičlenné mezinárodní posádky složené převážně z Italů a Norů. Avšak velitel expedice byl neústupný, dovolil jen umístit Běhounekovy přístroje na palubu vzducholodi. Během letu na nich měřil elektrickou vodivost atmosféry švédský fyzik, meteorolog, oceánograf, profesor upsalské univerzity Finn Malmgren (1894–1928), sám Běhounek zůstal měřit na Špicberkách.

Po řadě zkušebních letů nad Severovýchodní zemí a po vyčkání příznivějšího počasí Norge 11. května 1926 odstartovala a po 16 hodinách a 40 minutách letu dosáhla 12. května 1926 v 1 hodinu a 30 minut po půlnoci pólu. Zde posádka shodila na led vlajky svých zemí – norskou, italskou a americkou. Poté vzducholod' pokračovala v cestě na Aljašku s cílem přistát původně v Cape Barrow na severním cípu tohoto území. Pro nepříznivé povětrnostní podmínky se přistání uskutečnilo mnohem jižněji na východním pobřeží u osady Teller. Trasu mezi Špicberky a Aljaškou dlouhou 4 300 km urazila Norge za 72 hodin. Celkem vzducholod' urazila 12 500 km za 171 hodin, přičemž nejobtížnějším úsekem byl let z Říma na sever přes hory do severní Evropy a odtud na Špicberky. Výprava především prokázala, že na severu není pevnina, ale jen moře. Také byly vyvráceny některé hypotézy o speciálních elektrických vlastnostech v okolí pólu. Posádka vzducholodi Norge byla první, která prokazatelně dosáhla severního pólu. Předchozí výpravy Frederick Cook 1908, Robert Edwin Peary 1909, Richard Byrd a Floyd Bennett 1926 (ti le-

těli k severnímu pólu v třímotorovém letadle Fokker o tři dny dříve než Norge, 9. května, palubní deník však jeho dosažení zpochybňuje) neprokazují dosažení severního pólu dostatečně.

Výsledky měření, která F. Běhounek provedl cestou na Špicberky a na samotných Špicberkách, publikoval v roce 1927 jednak společně s F. Malmgrenem v Comptes rendus pařížské Akademie věd, jednak samostatně v Journal de Physique et le Radium. Později Běhounek velmi rád vzpomínal, jak byl nesmírně potěšen, když zmíněným pracím věnoval celou stránku v časopise Physikalische Berichte objevitel kosmických paprsků (1913), rakouský fyzik Victor Franz Hess (1883–1964), nositel Nobelovy ceny za fyziku (1936), právě za objev kosmického záření (Nobelova cena spolu s Carlem Davidem Andersonem (1905–1991), objevitelem pozitronu v kosmickém záření (1932)). Zmíněné publikace se také staly podkladem pro Běhounkovu habilitaci pro obor „radioaktivita a atmosférická elektřina“ na české univerzitě v Praze, o niž zažádal počátkem roku 1928.

Druhá expedice vzducholodí Italia v roce 1928

Vytrvalost, vědecké nadšení a úspěšnost fyzikálních měření, kterých Běhounek dosáhl při polární výpravě v roce 1926, mu přinesly spolu s F. Malmgrenem a Aldo Pontremolim (1896–1928), profesorem fyziky na milánské univerzitě, pozvání k účasti na druhé výpravě k severnímu pólu, plánovanou na rok 1928. Tu již připravoval jako vedoucí sám Umberto Nobile. Měla se uskutečnit vzducholodí Italia, konstrukčně podobné úspěšné Norge, avšak s několika podstatnými úpravami a zlepšeními. Ve zvacím dopise, datovaném v Římě 25. listopadu 1927, Nobile píše:

Drahý profesore,

jak již asi víte, právě chystám italskou výpravu k leteckému průzkumu arktických oblastí. Lze předpokládat, že se uskuteční příštího jara. Vzhledem k tomu, že cíl expedice bude čistě vědecký, bude tentokrát největší důraz položen na organizaci fyzikálních výzkumů, které bude možno uskutečnit v polárních oblastech během letů. Právě proto pokládám za svou povinnost obrátit se na Vás, abych zjistil, zda se chcete podílet na úspěchu naší expedice se svým přístrojem k měření elektrické vodivosti vzduchu. Navíc, chcete-li mi navrhnout jiná speciální měření vedle těch, která jsou již zahrnuta do našeho programu, a přístroje, které jste speciálně vyzkoušel, rád zvážím možnosti instalace Vašich přístrojů ve vzducholodí.

Pokládám si za velkou čest tuto spolupráci z Vaší strany. V očekávání Vaší odpovědi s projevem nejhlubší úcty

Umberto Nobile.

F. Běhounek Nobileho pozvání velmi přivítal, přitom vůbec netušil, k jaké tragédii na plánované trase dojde. V této souvislosti poznamenáme, že Nobile měl s obhájáním Běhounkovy účasti velké potíže. Mussoliniho fašistická vláda nechtěla jeho účast povolit, byla totiž v málo přátelských vztazích s tehdejší československou vládou. V italském fašistickém tisku se psalo, že dva vědci na palubě vzducholodě stačí, Běhounek že může bádát v Kings Bay. Je velkou zásluhou Nobileho, že nakonec Běhounkovu účast prosadil na úkor účasti dvou novinářů známých provládních deníků, když prohlásil: „Malmgren bude mít plné ruce práce s meteorologickou službou, na vědu mu nezбудe čas. Naopak jednoho novináře je víc než dost.“ Bylo to od Nobileho velmi odvážné nevyhovět požadavkům fašistického tisku, který finančně přispěl na výpravu.

Vzducholod' Italia startovala ve čtvrt na dvě 15. dubna 1928 z milánského letiště. Již první úsek letu přes Terst, Lublaň, Vídeň, Brno, Moravu a Slezsko směrem na operační základnu v Kings Bay na Špicberkách s mezipřistáním ve Stolpu (Slupsku, někdy také Slucku) v Pomořanech na pobřeží Baltského moře probíhal v důsledku nepříznivého počasí velmi dramaticky a mohl skončit havárií. Tento úsek letu z Milána do Stolpu dlouhý téměř 2 000 km vzducholod' urazila za 30 hodin. Třeba říci, že náležel k velmi náročným, neboť zejména nad Moravou a Slezskem se vzducholod' setkala s hustým deštěm, krupobitím, sněhem, ledem, bouřkou, mlhou a silnými větry, takže někdy bylo stěží vidět na zem, a proto není divu, že ztratila směr letu a často bloudila. O aktuální meteorologické situaci nad naším územím byla posádka vzducholodi pravidelně informována ze zpráv Státního meteorologického ústavu v Praze; o tuto službu byl ústav italskou stranou předem požádán. Samozřejmě let tak obrovského tělesa neunikl značné pozornosti obyvatel měst a vesnic na dlouhé trase po našem území, o čemž svědčí četné záznamy v městských a obecních kronikách. Několik dní po šťastném přistání Itálie na stolpenském letišti 16. dubna 1928 v 7.15 hodin obdržel ředitel pražského Státního hydrometeorologického ústavu Rudolf Schneider (1881–1955) tento děkovný dopis:

Velectěný pane profesore!

Když jsme nyní užili několik dní klidu ve Stolpu, považuji za svou nezbytnou povinnost, abych Vám, pane profesore, poděkoval za

velmi cennou pomoc, kterou Váš ústav prokázal expedici na cestě Milán–Stolp. Když jsme se s úspěchem probíjávali bouřkami ve Slezsku, byla to hlášení Vašeho ústavu a Lindenbergu, která nám umožnila pokračovat v cestě.

Podepsán generál Umberto Nobile, Stolp, Pomořany.

Po nezbytných opravách a za příznivějších povětrnostních podmínek se vzducholoď vydala v brzkých ranních hodinách 3. května 1928 přes Stockholm do dalšího místa mezipřistání, kterým bylo nejsevernější norské město Vadsö. Konečně 5. května 1928 ve 20.34 hodin se odpoutala od kotevního stožáru ve Vadsö a přes Barentsovo moře, kolem Medvědího ostrova, zamířila na sever ke Špicberkům a 6. května 1928 v odpoledních hodinách přistála v Kings Bay.

Po několika výzkumných letech orientovaných na průzkum neznámých severních polárních oblastí zamířila vzducholoď 23. května 1928 v brzkých ranních hodinách k severnímu pólu, kterého dosáhla po 19 hodinách za nijak zvlášť obtížného letu 24. května 1928 v 0.24 hodin. Během dvouhodinového krouživého letu kolem pólu nechal Nobile na něho shodit italskou vlajku a dubový kříž převázaný látkou v italských barvách, který mu osobně světil papež Pius XI. Zároveň radista výpravy zaslal do Říma papeži, králi a Mussolinimu zprávu o dosaženém úspěchu a vykonaném obřadu. Nobile původně předpokládal, že v pneumatickém koši s nafouknutým vorem postupně sestoupí na pól nebo někde do jeho blízkosti několik členů výpravy. Ti měli změřit zemský magnetismus, zemskou tíži, radioaktivitu ovzduší, kosmické záření a provést základní meteorologická a oceánografická pozorování včetně případného odebrání vzorků vody z různých hloubek i se změřením její teploty. Od zamýšleného sestupu na pól však musel Nobile v důsledku zhoršeného počasí ustoupit.

Dne 24. května 1928 ve 2.20 hodin vzducholoď opustila severní pól a v jižním kurzu zamířila na základnu v Kings Bay. Avšak při zpátečním letu se střetla se značně nepříznivým počasím. Silný víchř jí i přes maximální výkon motorů unášel stále více na východ a silná námraza na kovové konstrukci zvětšila její hmotnost o několik tun, což způsobilo její rychlý pokles a nakonec i pád. Došlo k němu 25. května 1928 v 10.30 hodin na $81^{\circ}14'$ severní šířky a $28^{\circ}14'$ východní délky, severovýchodně od tří malých ostrovů Foynu, Brochu a Karla XII. a asi 100 km na sever od Severovýchodní země, daleko na severovýchod od místa startu. Při prudkém nárazu vzducholodi na led došlo k odtržení velitelské kabiny

od trupu. Na pohyblivé kře se najednou ocitlo devět členů posádky; byl mezi nimi i náš F. Běhounek, jeden její člen pád nepřežil. Odlehčený trup vzducholodi se zbylými šesti členy se zvedl a zmizel neznámo kam. Zbytky vzducholodi, ani pozůstatky polárníků nebyly nikdy nalezeny.

Okamžitě po odmlce vysílací stanice vzducholodi se rozběhly záchranné práce, organizované především severskými zeměmi. Svým rozsahem překonaly všechny akce známé z dosavadní historie polárních katastrof, aniž bylo zprvu blíže známo, kde k havárii vůbec došlo. Jen italská vláda neprojevila větší aktivitu. K upřesnění místa katastrofy významně přispěl radiista výpravy Giuseppe Biagi, který našel mezi různými vypadlými předměty na ledové kře nepoškozenou nouzovou vysílačku, jednodílný přístroj o výkonu 25 W s pracovním napětím 12 V, dosahem přes 700 km, vysílající na přidělené vlně 33 m. Nalezeny byly i neporušené napájecí akumulátory, což bylo velmi důležité. Jako první zachytil volání SOS 2. a 3. června 1928 mladý ruský učitel, nadšený radioamatér, Nikolaj Schmidt z vesnice Vozněsenskaja Vochma v archangelské oblasti. Nyní se rozběhly záchranné práce s maximální intenzitou. Na pomoc svému „soku“ vzletl 18. června 1928 i „bílý orel z Norska“ Roald Amundsen na palubě francouzského hydroplánu Latham 47, ale bohužel jeho pokus skončil tragicky. Nakonec byli trosečníci zachráněni ruským ledoborcem Krasinem 12. července 1928 po 49 dnech jejich nedobrovolného pobytu v pusté a nehostinné krajině. Jen Umberto Nobile byl zachráněn dříve, 24. června 1928 švédským pilotem Einarem Lundborgem. Bohužel od dalších plánovaných záchranných leteckých akcí bylo nutno upustit vzhledem k blížícímu se létu a tajícímu ledovému poli. Uvedme, že záchranných akcí vyslaných z různých zemí na pomoc trosečníkům se zúčastnilo celkem asi 1 500 lidí na 16 lodích, na 21 letadlech a několik skupin i na saních. Nobileho expedice si vyžádala celkem 17 lidských životů, z toho 8 z řad členů polární výpravy a 9 z řad zachránců. Všem obětem tragické polární expedice včetně zahynuvším zachráncům byl v Tromsø, padesátitisícovém nejsevernějším norském univerzitním městě, odkud vzletl Amundsen na pomoc trosečníkům, odhalen 28. července 1969 za přítomnosti generála Nobileho monumentální pomník s vyjádřením velké úcty norského lidu svému hrdinovi při dobývání obou zemských pólů.

Z vědeckých účastníků přežil polární výpravu jen Běhounek. Aldo Pontremoli se nacházel mezi šesti členy uneseného zbytku vzducholodi, Malmgren nepřežil pokus o samostatný přechod skupinky tří účastníků na pevninu a zemřel 15. nebo 16. června 1928, takže vědecké závěry z výpravy publikoval jen Běhounek. K jakým výsledkům dospěl? Během

dlouhého letu z Milána k severnímu pólu a zpět prověřoval tzv. „šířkový efekt kosmického záření“, tj. závislost jeho intenzity na zeměpisné, resp. magnetické šířce. Proti očekávání zjistil, že intenzita kosmického záření mezi 50. stupněm severní šířky a pólem se prakticky nemění. To odporovalo běžnému názoru, že zemské magnetické pole shrnuje nabitě částice kosmického záření ke svým pólům a že tedy jeho intenzita, ionizačně měřená, bude větší v polárních oblastech než ve středních zeměpisných pásmech. Proto se také výsledky měření, uveřejněné autorem po návratu v několika zahraničních časopisech, setkaly s nedůvěrou. Avšak o několik let později byly potvrzeny jinými badateli, a to experimentálně i teoreticky. František Běhounek používal k měření asi čtyřlitrovou ionizační komoru, v jejímž středu byl zabudován dvouvláknový elektrometr Wulfova–Kolhörsterova typu. Přístroj i se zdrojem napětí měl hmotnost necelých devět kilogramů, byl velmi dobře zkonstruovaný, takže přečkal bez poškození náraz vzducholodi do polárního ledu. Byl nalezen v troskách velitelské kabiny a Běhounek mohl pokračovat v měřeních během čekání trosečníků na záchranu, dokonce po zajištění jeho vodotěsnosti i v patnáctimetrové hloubce pod hladinou moře. Za pomoci dalších osvědčených elektrometrů Běhounek během celé cesty současně měřil hustotu iontů ve vzduchu, gradient elektrického pole v ovzduší, koncentraci radonu ve vzduchu a prováděl meteorologická měření a pozorování. Výsledky svých měření zveřejnil spolu s odkazy na práce F. Malmgrena a A. Pontremoliho v 25 stránkové publikaci otištěné v roce 1929 v časopise *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*.

Návrat domů

Osud posádky vzducholodi a záchrana Františka Běhouka se u nás staly takřka celonárodní záležitostí. V tomto směru velmi iniciativně vystupovala i Běhounkova sestra Anna, která jednala u nás s ministerstvy zahraničí a národní obrany o různých možnostech pomoci. Organizovala finanční sbírky pro letecký průzkum ještě před rozhodným zásahem ruského ledoborce, dokonce se dostavila k uvítání trosečníků do Kings Bay (na Krasinu také dostihl Běhouka blahopřejný telegram paní Curieové). Návrat českého polárního badatele byl doprovázen ovacemi, žádostmi o podpis, přednášku, či jen o osobní účast na různých schůzích či oslavách. O jeho popularitě svědčí i to, že dostával dopisy adresované „Dr. Běhounek, Prag“. Jeho osudem a statečností byl dojat i prezident republiky T. G. Masaryk. Prostřednictvím svého tajemníka nabídl Bě-

hounkovi zakoupení vědeckého přístroje dle jeho vlastní volby (údajně prohlásil: „Může to stát cokoli, na peníze ať nehledí.“). Běhounek nabídku přijal a v dopise z 22. prosince 1928 požádal o zakoupení registračního kvadrantového elektrometru pro Státní radiologický ústav k dalším výzkumům atmosférické elektřiny od londýnské firmy Cambridge Instrument Ltd. v inzerované ceně 100 liber. Uvedený elektrometr měl nahradit jeden z přístrojů, o který přišel při havárii vzducholodi. Zároveň požádal, aby mu bylo dovoleno označit přístroj jako „Dar pana prezidenta republiky československé“.

Zatímco návrat Františka Běhounea byl oslavován, Umberto Nobile se dočkal od fašistické vlády Benita Mussoliniho pravého opaku. Koncem roku 1928 byla ustavena komise, aby prošetřila okolnosti katastrofy vzducholodi Italia. Výsledkem šetření bylo, že Nobile byl obviněn ze ztroskotání Itálie, že řídil vzducholod' způsobem, který zapříčinil její zřícení, kterému se prý dalo zabránit. Dále byl odsouzen jako zbabělec za to, že „opustil“ své muže na ledové kře, když se nechal jako velitel celé výpravy zachránit Lundborgem jako první. Bylo mu doporučeno, aby si vzhledem k závěrům vyšetřovací komise zažádal o odchod z aktivní služby, s čímž nesouhlasil. Na své straně měl Nobile převážnou část italské veřejnosti, jakož i významné církevní kruhy včetně papeže Pia XI., který nazval Nobileho „křížákem pólu“. Z mnohých evropských zemí byla Itálie kritizována za to, jakým způsobem prováděla vyšetřování polární expedice. Za Nobileho se postavily i tehdejší významné světové autority v oblasti polárních výzkumů. Einar Lundborg opakovaně při různých příležitostech Nobileho důrazně obhajoval. František Běhounek ve své beletristické knize „Trosečníci polárního moře. Vzducholodí na severní pól“ (Praha, SNDK, 1955) popsal Nobileho jako vůdce, který „odpočíval méně než ostatní. Jako příkladný velitel stál vždycky na svém místě ve velitelské kabině, dával neustále pozor na kormidelníky a na navigační práce a poskytoval posádce největší možný odpočinek, posílal důstojníky spát, zatímco on trpělivě bděl“.

Umberto Nobile po svém odsouzení komisí, italským fašistickým tiskem a mnohými svými spolupracovníky odešel na dva roky do jakési polopenze. Přitom byl neustále pod dohledem fašistické tajné policie, cenzurován v přednáškové činnosti i v písemném projevu, omezován ve všem, co se pokoušel dělat, byla mu odebrána generálská hodnost. V roce 1931, po smrti své ženy (1930), která těžce nesla obviňování svého manžela, což také uspíšilo její konec, Nobile přijal pozvání sovětské vlády, aby v Sovětském svazu působil jako poradce při konstrukci a stavbě vzdu-

cholodí. Po téměř pětiletém pobytu mimo Itálii mu bylo v roce 1936 dovoleno vrátit se do Říma a dostal svolení přednášet aeronautiku na univerzitě v Neapoli. Po třech letech, v roce 1939, obdržel pozvání do Spojených států amerických k přednáškám na Lewis Holy Name School of Aeronautics v Lockportu ve státě Illinois. Po čtyřletém pobytu v USA se v létě 1943 dobrovolně vrátil do Říma. Na konci války byla Nobilemu navrácena jeho hodnost a byl povýšen na generálmajora italského letectva. Ve volbách v roce 1946 byl zvolen za KSI do poslanecké sněmovny, a ani zde neušel různým útokům. Později se vzdal politické činnosti a věnoval se výhradně psaní, vědecké a pedagogické činnosti v Aeronautickém ústavu neapolské univerzity a na technice v Bari. S Běhounkem udržoval velmi přátelské vztahy, byli spolu v stálém písemném styku, Běhounek jej po válce třikrát navštívil v Římě. Oba byli také čestnými hosty Balonklubu Praha, který 23. června 1968 uspořádal při příležitosti Mezinárodní výstavy poštovních známek na Letenské pláni vzlet volných balonů s posádkami a poštou. Umberto Nobile se dožil přes četné životní útrapy, strádání a nepochopení úctyhodných 93 let. Zemřel 30. července 1978 (letos uplynulo 30 let od jeho úmrtí).

Závěr

Nejstarší pamětníci a čtenáři oblíbených Běhounkových dobrodružných, cestopisných a vědecko-populárních knih (bylo jich 53) znají jejich autora především jako polárníka, prvního Čecha, který z výšky spatřil severní pól a který prožil velké dobrodružství a utrpení po neúspěšném letu vzducholodí Italia. Tyto zážitky autor ztvárnil ve své první velmi úspěšné beletristické knize vyšlé v roce 1928 pod původním názvem „Trošečníci na kře ledové“, která byla takřka ihned přeložena do mnoha světových jazyků. Méně se již ví, že Běhounek byl především vynikající vědec, který dosáhl mezinárodního uznání svými pracemi z radiologie, a teprve potom byl vysokoškolský učitel, spisovatel a cestovatel. Na to by se nemělo ve sledu událostí, které doprovázely jeho život, zapomínat. Velká popularita, řetěz veřejných vystoupení a konečně i sepisování událostí ve formě beletrie byly pro Běhounka druhotnou záležitostí, poplatnou zvýšenému zájmu široké veřejnosti, které badatel rád vyhověl. Velký význam měly jeho objevené práce, týkající se objasnění „jáchymovské hornické nemoci“ (příčiny vzniku rakoviny plic u horníků v uranových dolech). Věnoval se nejen otázkám souvisejícím úzce s onkologickou praxí, kde jak s oblibou říkával, „hlavním problémem je umístit správnou dávku záření na

správné místo ve správném čase tak, aby byl zničen nádor a minimálně poškozena zdravá tkáň“, ale i problematice jaderných oborů v celé šíři. Velkou Běhounkovou zásluhou bylo, že jím řízené kolektivy byly zapojeny do řešení nejzávažnějších otázek základního výzkumu v oboru dozimetrie ionizujícího záření. Založil školu osobní dozimetrie, která má dodnes ve světě vynikající jméno. Nakonec nelze opomenout ani jeho aktivní působení v různých státních a vědeckých komisích a institucích, účasti na mnoha mezinárodních konferencích, kam byl zván pro široký odborný přehled o světovém dění v jeho oboru.

* * * * *

DOPPLERŮV JEV NA KŘÍŽOVATCE

Objev Dopplerova jevu se zrodil v Praze v roce 1842. Jeho autorem byl rakouský fyzik Christian Doppler (1803–1853), v té době profesor pražské techniky. Tento veleužitečný jev, který se dnes uplatňuje ve všech oblastech vědy a techniky, od fyziky přes astronautiku až po lékařství, nebyl zpočátku přijímán s porozuměním. Přispěl k tomu sám Doppler, jehož matematické odvození tohoto jevu bylo velmi nepřesvědčivé a experimentální zdůvodnění fantastické. Doppler tvrdil, že složky dvojhvězd, z nichž jedna se k nám přibližuje a druhá se od nás vzdaluje, musí zářit v doplňkových barvách a že vůbec, kdyby se Země pohybovala trochu rychleji, viděli bychom krásný barevný vesmír. Hvězdy, k nimž bychom se řítily, bychom viděli modré, a ty, od nichž bychom se vzdalovali, by svítily červeně. Připomíná to anekdotu o „červeném posuvu“ jedoucích automobilů – auta, která se k nám přibližují, svítí žlutě, ta která se od nás vzdalují, svítí červeně. V souvislosti s tím můžeme uvést starodávný vtip o tom, jak fyzik hazardér přešel křížovatku na červenou a byl zastaven policistou. Protože podle vžitě představy podceňoval policistovu vědeckou erudici, hájil se tím, že podle Dopplerova jevu se při přibližování pozorovatele ke zdroji světla mění jeho vlnová délka a červená barva semaforu se mu zdála zelenou. Připusťme přitom, že červené světlo semaforu bylo monochromatické. Aby se jeho vlnová délka, řekněme 700 nm, změnila na vlnovou délku zeleného světla, např. 550 nm, musel by se automobil pohybovat přesně vzato rychlostí $v = c[1 - (550/700)^2]/[1 + (550/700)^2]$, kde c je rychlost světla, tedy jeho rychlost by byla $v = 71\,000$ km/s. V nerelativistickém přiblížení by to bylo jen o málo méně, 64 500 km/s. Policista uznal fyzikovu výmluvu, pomocí kalkulačky provedl orientační výpočet a pokutoval ho za vysoké překročení povolené rychlosti.

I. Štoll

SOUTĚŽE

50. ročník Fyzikální olympiády, úlohy 1. kola kategorií A a B

(Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.)

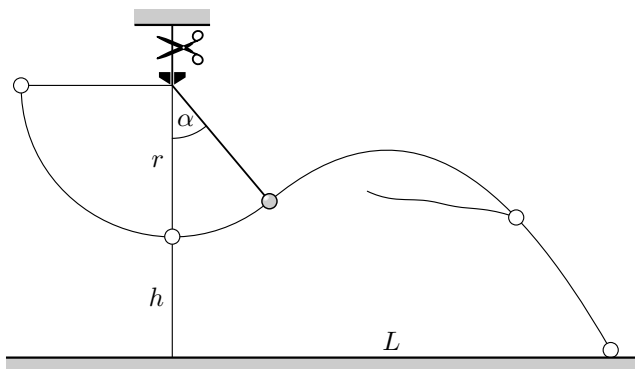
KATEGORIE A

1. Vrh kyvadla

Malá kulička je zavěšena na tenkém neroztažitelném vlákně, které prochází průvlakem (obr. 1). Kuličku s volnou částí vlákna délky $r = 1,00 \text{ m}$ vychýlíme do vodorovné polohy a pustíme. Po průchodu kuličky rovnovážnou polohou ve výšce $h = 0,80 \text{ m}$ vlákno přestříhneme v okamžiku, kdy se odchýlí od svislého směru o úhel $\alpha = 40^\circ$.

- Určete vodorovnou vzdálenost L místa dopadu kuličky na podlahu.
- Určete velikost a směr rychlosti kuličky v okamžiku dopadu.
- Úlohu a) řešte i pro jiné hodnoty úhlu α . Zjistěte, kdy bude vzdálenost L největší.

Kuličku považujte za hmotný bod, odpor vzduchu zanedbejte. Úloha c) je při použití kalkulačky dosti pracná. Svěřte ji proto počítači, kam do vhodného matematického programu, např. do Excelu, vložíte vzorce odvozené v úloze a).



Obr. 1

2. Soustava závaží na vlákne

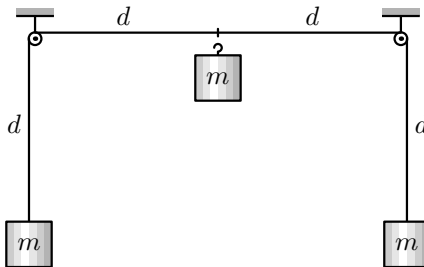
Přes dvě malé kladky umístěné ve stejné výšce ve vzájemné vzdálenosti $2d$ je nataženo symetricky vlákno délky $4d$, na jehož koncích jsou zavěšena dvě stejná závaží o hmotnosti m . Třetí takové závaží, které zavěšíme s nulovou počáteční rychlostí do středu vlákna (obr. 2), se začne pohybovat dolů, zatímco postranní závaží začnou stoupat. Předpokládejte, že vlákno je neroztažitelné a dokonale ohebné, jeho hmotnost a hmotnosti kladek jsou zanedbatelné, kladky mají zanedbatelné rozměry a tření v jejich ložiskách je nepatrné, odpor vzduchu je zanedbatelný.

- Jak se bude měnit celková potenciální energie soustavy v závislosti na hloubce h , do které klesne třetí závaží? Počáteční potenciální energii soustavy volte nulovou.
- V jaké hloubce h_m se třetí závaží zastaví a začne se vracet zpět?
- Po delší době se pohyb soustavy zastaví a závaží se budou nacházet v rovnovážných polohách. Určete hloubku h_0 , ve které bude střed vlákna. Ověřte, že v tomto stavu je potenciální energie soustavy minimální a vypočítejte ji.
- Jak se změní potenciální energie soustavy, vychýlíme-li třetí závaží nepatrně z rovnovážné polohy ve svislém směru do vzdálenosti dh ?

Návod: Jestliže spojité funkce $f(x)$ má v bodě x_0 první derivaci nulovou a druhou nenulovou, můžeme ji v okolí bodu x_0 aproximovat vztahem

$$f(x_0 + dx) \approx f(x_0) + \frac{f''(x_0)}{2}(dx)^2.$$

- Uvolníme-li takto vychýlené třetí závaží, bude soustava konat harmonické kmity. Určete jejich periodu.

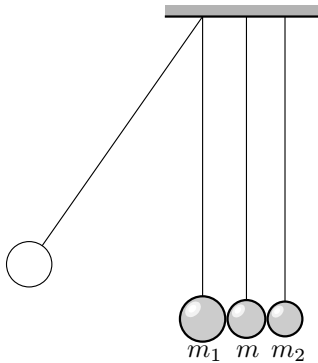


Obr. 2

3. Rázostroj

Krajní koule rázostroje na obr. 3 mají hmotnosti m_1 a m_2 , prostřední má hmotnost m . Kouli o hmotnosti m_1 vychýlíme a pustíme. Při návratu do rovnovážné polohy narazí na prostřední kouli o hmotnosti m rychlostí o velikosti v_0 a uvede ji do pohybu. Ta vzápětí narazí do třetí koule o hmotnosti m_2 . Oba rázy jsou dokonale pružné.

Označme souřadnice rychlostí levé a prostřední koule po první srážce u_1 a u , souřadnice rychlostí prostřední a pravé koule po druhé srážce w a w_2 .



Obr. 3

- Určete, jakou hmotnost m musí mít prostřední koule, aby při daných hmotnostech m_1 a m_2 byla rychlost pravé koule po druhé srážce co největší.
- Určete při splnění podmínky a) souřadnice u_1 , w a w_2 konečných rychlostí všech koulí po druhé srážce.
- Určete, jaká část původní kinetické energie levé koule se při splnění podmínky a) přenesla na pravou kouli.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $m_1 = 4,50$ kg, $m_2 = 2,00$ kg, poté pro vzájemně vyměněné hmotnosti m_1 a m_2 .

4. Kruhový děj

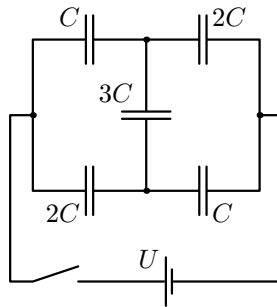
V ideálním plynu s jednoatomovými molekulami, jehož látkové množství je n , probíhá kruhový děj, který se skládá z izochorického zahřátí, izotermické expanze, izochorického ochlazení a izotermické komprese. Při izochorickém ohřátí plyn přijme teplo Q_1 a při izotermické expanzi teplo Q_2 . Nejnižší teplota plynu během cyklu je T_{\min} . Určete

- maximální teplotu T_{\max} plynu během děje,

- b) teplo odevzdané plynem při izochorickém ochlazení a při izotermické kompresi,
 c) celkovou práci plynu při jednom cyklu,
 d) teoretickou účinnost tepelného motoru, který by pracoval podle uvedeného cyklu.

5. Soustava kondenzátorů

Ke zdroji o svorkovém napětí U připojíme soustavu nenabitých kondenzátorů podle obr. 4.

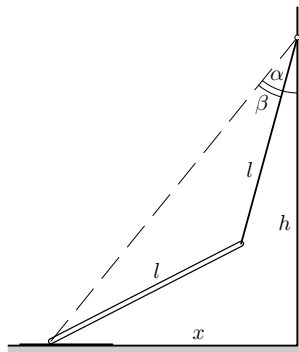


Obr. 4

- a) Jaké napětí vznikne na jednotlivých kondenzátorech po sepnutí spínače?
 b) Jaká je celková kapacita soustavy kondenzátorů?

6. Praktická úloha:

Měření součinitele smykového tření mezi koncem dřevěné tyče a podložkami z různých materiálů



Obr. 5

SOUTĚŽE

Pomůcky:

Dřevěná tyč dlouhá 0,5 m až 1 m, provázek, délkové měřidlo, podložky z různých materiálů (papír, guma, skelný papír aj.)

Provedení úlohy:

Na konec tyče délky l přivážeme provázek stejné délky l a jeho konec připevníme na svislou stěnu do výšky h . Druhý konec tyče položíme na podložku ze zkoumaného materiálu, která leží na podlaze, a podložku zvolna posouváme směrem od stěny. V okamžiku, kdy konec tyče začne klouzat po podložce, změříme jeho vzdálenost x od stěny (obr. 5).

Úkoly:

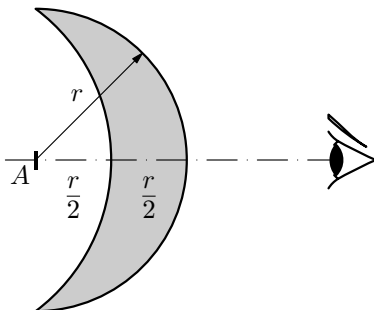
- Úhly α a β vyznačené v obrázku vyjádřete obecně pomocí h a x .
- Dokažte, že součinitel f smykového tření mezi koncem tyče a podložkou můžeme vypočítat pomocí vztahu

$$f = \frac{\sin(\alpha - \beta) \sin(\alpha + \beta)}{\sin 2\beta - \sin(\alpha - \beta) \cos(\alpha + \beta)} = \frac{\cos 2\beta - \cos 2\alpha}{3 \sin 2\beta - \sin 2\alpha}.$$

- Proveďte měření a výpočty pro různé podložky a pro různé výšky bodu upevnění v intervalu $l < h < 2l$. Získané výsledky posuďte.

7. Tlustá spojka

Čočka vyrobená ze skla o indexu lomu $n = 1,5$ je omezena polokoulí o poloměru $r = 5,0$ cm a vrchlíkem o výšce $r/2$. Do středu kulové plochy o poloměru r umístíme malý předmět a díváme se na něj ve směru optické osy čočky (obr. 6). Kde se nachází obraz předmětu vytvořený čočkou a jaké je jeho příčné zvětšení?



Obr. 6

Před řešením úlohy doporučujeme prostudovat studijní text *J. Trnka: ZOBRAZENÍ ČOČKAMI* (knihovnička FO č. 70)

KATEGORIE B

1. Pohyb střel

Střela vystřelená z děla rychlostí v_0 pod elevačním úhlem α , dopadla na zem za dobu T_1 . Potom byla z téhož děla stejně velkou rychlostí vystřelena střela pod elevačním úhlem 2α . Tato střela prolétla nad místem dopadu první střely za dobu $t_2 = 2,45 T_1$ od počátku výstřelu druhé střely. Určete

- velikosti počátečních rychlostí střel v_0 a elevační úhel α ,
- dobu T_2 (v násobcích T_1), za jakou dopadne na zem druhá střela,
- vzdálenosti l_1, l_2 od místa výstřelu, kam obě střely dopadnou,
- vzdálenost l_{\max} , kam až může střela nejdále doletět.

Řešte obecně, řešení vždy vyjádřete pomocí doby T_1 .

2. Koule v kapalině

Do nádoby nalijeme dvě kapaliny o hustotách ρ_1 a ρ_2 , které se navzájem nemísí ($\rho_1 > \rho_2$).

- Jak velká musí být hustota ρ_k materiálu koule, aby do poloviny poloměru (měřeno odspodu koule) byla koule ponořena v kapalině větší hustoty a ostatní část koule v kapalině druhé?
- Kouli z úlohy a) nyní ponoříme do kapaliny o hustotě ρ_3 , a to tak, že bude opět ponořena do jedné poloviny poloměru. Určete hustotu této kapaliny.

Řešte obecně, výsledky vždy vyjádřete pomocí hustot ρ_1, ρ_2 . Hustotu vzduchu v části b) zanedbejte.

3. Kondenzátor

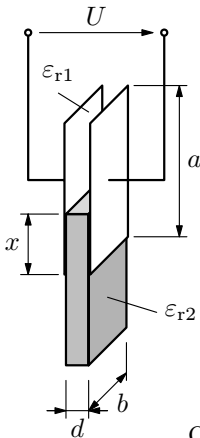
Vzduchový deskový kondenzátor je tvořen dvěma svislými obdélníkovými deskami o výšce a a šířce b , jejichž vzájemná vzdálenost je d , přičemž $d \ll a$, $d \ll b$. Tento kondenzátor připojíme ke zdroji o svorkovém napětí U .

- Mezi desky kondenzátoru částečně zasuneme ve svislém směru desku ze slídivého dielektrika o relativní permitivitě $\varepsilon_{r2} > 1$ (obr. 1). Vypočtete, jakou silou je mezi desky kondenzátoru vtahována. Tloušťka desky je přesně stejná jako mezera mezi deskami kondenzátoru; zanedbejte vliv nehomogenního pole na okrajích desek.

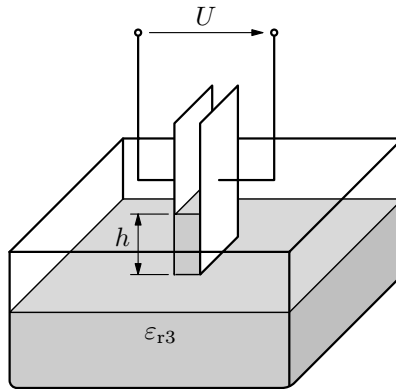
SOUTĚŽE

- b) Tentýž kondenzátor umístíme nad nádobu s glycerinem o hustotě ρ a relativní permitivitě ε_{r3} tak, aby se dolní okraje desek dotýkaly hladiny, a opět jej připojíme ke zdroji napětí. Určete, do jaké výšky h vystoupí hladina mezi deskami (obr. 2). Výška hladiny v nádobě se prakticky nezmění. Kapilární jevy zanedbejte.
- c) Vyjádřete kapacitu kondenzátoru jako funkci napětí mezi deskami.
- d) Určete hodnotu napětí, při kterém glycerin vystoupí až do výšky horních hran desek kondenzátoru.

Řešte nejprve obecně, potom úlohy b) a d) pro hodnoty $a = 20$ mm, $b = 30$ mm, $d = 3$ mm, $U = 2$ kV, $\varepsilon_{r2} = 6$, $\varepsilon_{r3} = 43$, $\rho = 1\,260$ kg \cdot m $^{-3}$. Relativní permitivita vzduchu $\varepsilon_{r1} \doteq 1$.



Obr. 1



Obr. 2

4. Poskoky

Ocelová kulička uvolněná ve výši $h_0 = 1$ m nad vodorovnou ocelovou deskou poskakovala až do úplného zastavení. Celý děj, při kterém můžeme odpor vzduchu prakticky zanedbat, proběhl za dobu $t = 8,0$ s.

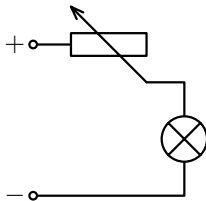
- a) Po každém odrazu byla rychlost kuličky menší než těsně před odrazem. Určete poměr jejich velikostí k – *koefficient restituice* – za předpokladu, že je konstantní.
- b) Kolik procent mechanické energie ztratila kulička při každém odrazu?
- c) Jakou celkovou dráhu kulička proletěla?
- d) Sestrojte graf závislosti okamžité výšky kuličky na čase během prvních deseti poskoků. Vyznačte přesně časy odrazů kuličky od desky a vrcholy jednotlivých úseků grafu. Zbytek dokreslete přibližně.

5. Regulace

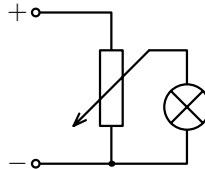
Žárovka s jmenovitým příkonem P_1 a jmenovitým napětím U_1 má být napájena stejnosměrným zdrojem o elektromotorickém napětí U_e ($U_e > U_1$) a se zanedbatelným vnitřním odporem. K regulaci napětí použijeme reostat o celkovém odporu R_0 .

- Reostat připojíme k žárovce sériově (obr. 3). Určete odpor R části reostatu, kterou prochází proud, a účinnost elektrického obvodu.
- Reostat připojíme jako potenciometr (obr. 4). Určete odpor R té části reostatu, z níž snímáme napětí pro žárovku, a účinnost elektrického obvodu.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $P_1 = 12,0 \text{ W}$, $U_1 = 6,0 \text{ V}$, $U_e = 18,0 \text{ V}$, $R_0 = 20 \text{ } \Omega$.



Obr. 3



Obr. 4

6. Praktická úloha:

Studium rezonance v obvodu s proměnnou indukčností

Pomůcky: Jádru rozkladného transformátoru s cívkou 1 200 závitů, kondenzátor s jmenovitou kapacitou $8 \text{ } \mu\text{F}$, zdroj střídavého proudu o frekvenci 50 Hz a svorkovém napětí 5 V , ampérmetr, 3 voltmetry, papírové měřítko.

Teorie: V obvodu střídavého proudu nízké frekvence můžeme kondenzátor považovat za ideální a jeho impedance je rovna kapacitní reaktanci:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega X_C} \quad (1)$$

Cívka se chová jako sériové spojení ideální cívky o indukčnosti L a rezistoru o rezistanci R . Její impedance má velikost:

$$Z_{LR} = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_{LR}^2 - R^2} \quad (2)$$

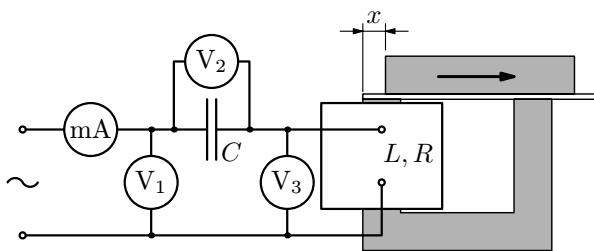
SOUTĚŽE

Celková impedance sériového spojení kondenzátoru a cívky je

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

Budeme-li měnit indukčnost cívky změnou jejího jádra v sériovém obvodu s kondenzátorem a cívkou, bude mít celková impedance minimální hodnotu $Z_{\min} = R$ a obvodem bude procházet maximální proud, jestliže:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} \quad (3)$$



Obr. 5

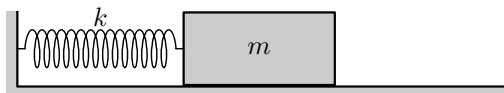
Úkol:

- Sestavte obvod podle obr. 5. Na U jádro nasadíte cívku a pak na ně připevníte proužek silnějšího papíru opatřený milimetrovým měřítkem. Na něj položte rovné příčné jádro, postupně jej posouvajte doprava podle obrázku a sledujte, jak se v závislosti na posunutí x mění údaj miliampérmetru. Při určité poloze rovného jádra dosáhne proud v obvodu výrazného maxima, nastane *sériová rezonance*. Tuto polohu můžeme vhodně upravit změnou tloušťky papírového proužku, který vytváří dvě mezery v ocelovém jádře cívky. Pak přistoupíme k vlastnímu měření.
- Na počátku nechte je jádro celé uzavřeno, tj. $x = 0$. Při každém posunutí o 2 mm запиšte údaje miliampérmetru a všech tří voltmetrů do tabulky. V okolí rezonance postupujte po 1 mm.
- Pro každou hodnotu x vypočítejte a запиšte do tabulky celkovou impedanci obvodu $Z = U/I$, kapacitní reaktanci kondenzátoru $X_C = U_C/I$ a impedanci cívky $Z_{LR} = U_{LR}/I$.

- d) Sestrojte grafy znázorňující závislost proudu I v obvodu a veličin Z , X_C a Z_{LR} na posunutí x .
- e) Ověřte, že kapacitní reaktance kondenzátoru je během měření konstantní. Z aritmetického průměru naměřených hodnot určete skutečnou kapacitu kondenzátoru.
- f) Užitím vztahu (3) vypočítejte indukčnost cívky při rezonanci.
- g) Z tabulky a grafů určete minimální celkovou impedanci obvodu $Z_{\min} = R$ a impedanci Z_{LR} při rezonanci. Určete indukčnost cívky užitím vztahu (2). Oba výsledky porovnejte.
- h) Porovnejte rezistanci R cívky s jejím odporem v obvodu stejnosměrného proudu R_{ss} změřeným pomocí ohmmetru.

7. Klouzání kvádrů

Na vodorovné desce leží kvádr (obr. 6) o hmotnosti m . Ke středu jeho boční stěny je připevněna pružina o tuhosti k a zanedbatelné hmotnosti. Druhý konec pružiny je připevněn ke stěně tak, že podélná osa pružiny je vodorovná a prochází těžištěm kvádrů. Pružina není napnutá. Zvolme osu x totožnou s osou pružiny s počátkem v těžišti kvádrů a orientovanou směrem od pružiny.



Obr. 6

Kvádr vychýlíme ve směru osy x tak, že souřadnice jeho těžiště bude x_1 . Po uvolnění se kvádr uvede do pohybu a vlivem tření se zastaví v místě, kde souřadnice jeho těžiště je x_2 ($0 < x_2 < x_1$), a zůstane v klidu.

- a) Určete součinitel f smykového tření mezi kvádrem a deskou.
- b) Určete velikost v_{\max} maximální rychlosti, které kvádr při pohybu dosáhne.
- c) Určete dobu t pohybu kvádrů.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $m = 0,60 \text{ kg}$, $k = 35 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, $x_1 = 0,090 \text{ m}$, $x_2 = 0,020 \text{ m}$.

PRO ŽÁKY ZÁKLADNÍCH ŠKOL

Geometrický důkaz zobecněné Pythagorovy věty

Roberto Marcial Nájares Romero, Gymnázium Nad Kavalírkou, Praha

Pythagorova věta

Pythagorova věta je probírána na druhém stupni základní školy. Jedno z možných znění této věty je: *V pravoúhlém trojúhelníku je obsah čtverce sestrojeného nad přeponou roven součtu obsahů obou čtverců sestrojených nad oběma odvěsnami.* Algebraické důkazy jak klasické Pythagorovy věty, tak i její zobecnění lze najít v literatuře i na internetu. Geometrických důkazů klasické Pythagorovy věty, jak pomocí tzv. appletů, tak i bez nich, lze rovněž najít celou řadu.

Čtverce lze ve formulaci Pythagorovy věty zaměnit jakýmkoliv jinými geometrickými útvary (polokružnicemi, obdélníky, trojúhelníky atd.) za předpokladu, že jsou navzájem podobné a jejich rozměry jsou úměrné délké příslušné strany trojúhelníku.

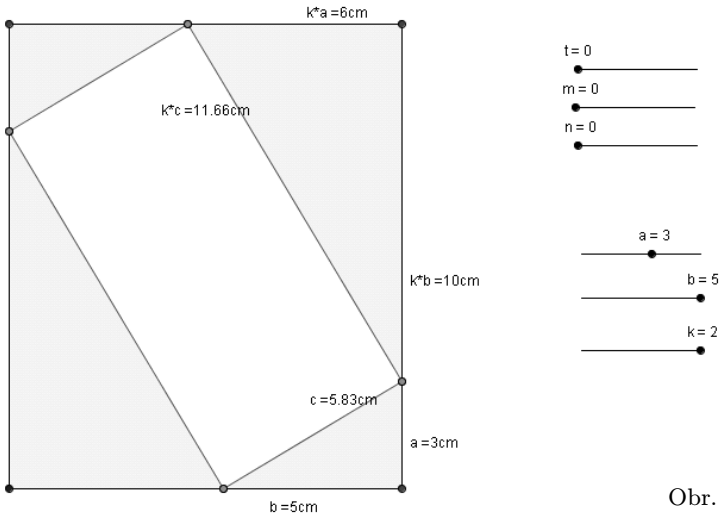
Účelem článku je ukázat geometrický důkaz zobecnění Pythagorovy věty na libovolné pravidelné n -úhelníky sestrojené nad stranami pravoúhlého trojúhelníku pomocí appletu vytvořeného v programu GeoGebra. GeoGebra je matematický program (freeware), který spojuje geometrii a výpočty; byl vyvinut v Rakousku Markusem Hohenwartem a existuje již v třiceti jazykových verzích, včetně české.

Obdélníky nad stranami pravoúhlého trojúhelníku

Máme-li libovolný pravoúhlý trojúhelník ABC a nad přeponou c sestrojíme obdélník o rozměrech c , kc a nad odvěsnami a a b sestrojíme po řadě obdélníky o rozměrech a , ka a b , kb , kde k je libovolné kladné reálné číslo, dokážeme, že obsah obdélníku nad přeponou je roven součtu obsahů obou obdélníků nad oběma odvěsnami.

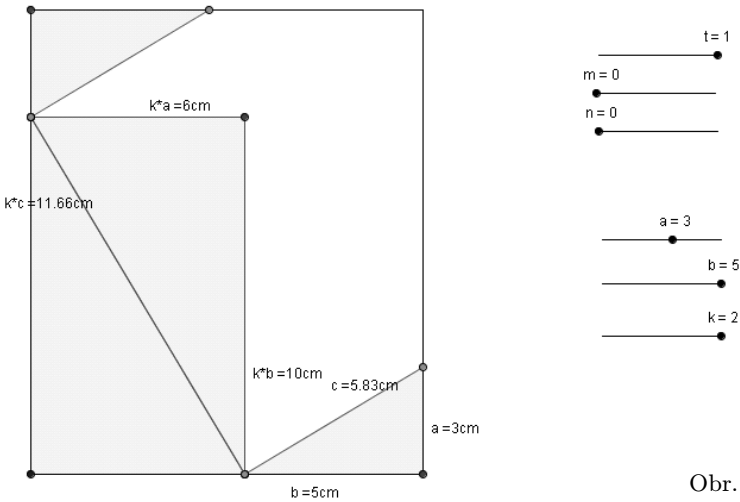
Ke geometrickému důkazu tohoto tvrzení sestrojíme obdélník o rozměrech $ka + b$ a $kb + a$ (obr. 1). Povšimněme si prostředního čtyřúhelníku (není těžké se přesvědčit z podobnosti trojúhelníků, že se jedná o obdélník), který má rozměry c a kc . Tedy jeho obsah je kc^2 . Náš původní

obdélník je rozdělen na čtyři trojúhelníky a právě uvedený prostřední obdélník. Rozměry trojúhelníků jsou vidět na obr. 1.



Obr. 1

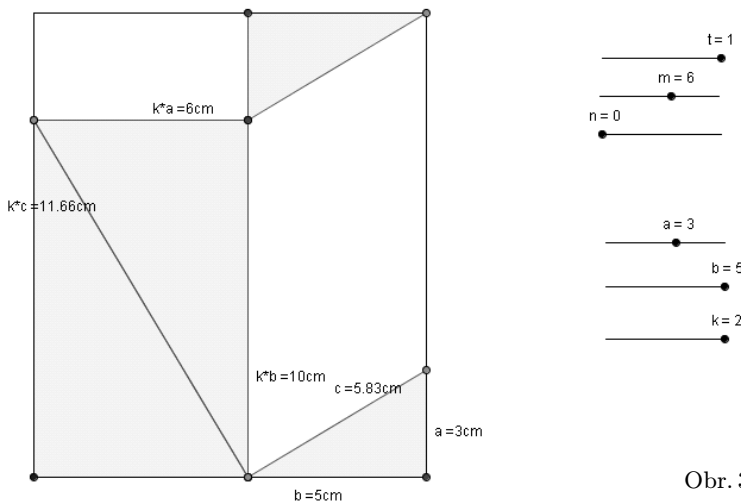
Nyní budeme postupně posouvat trojúhelníky. Nejdříve trojúhelník z horního pravého rohu posuneme, dokud se nebude dotýkat, ale nepřekrývat s dolním levým trojúhelníkem (obr. 2).



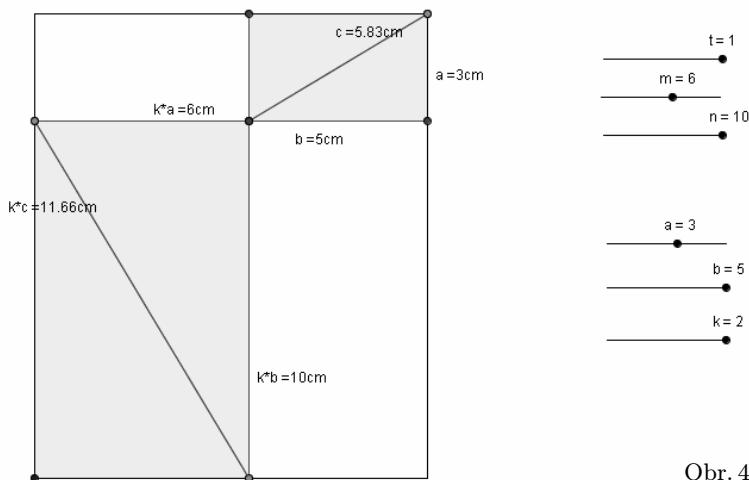
Obr. 2

PRO ŽÁKY ZÁKLADNÍCH ŠKOL

Pak posuneme horní levý a dolní pravý trojúhelník do pozice, jak ukazují obr. 3 a obr. 4. Všechny tyto pohyby se ovládají v appletu pomocí posuvníků označených t , m a n .



Obr. 3



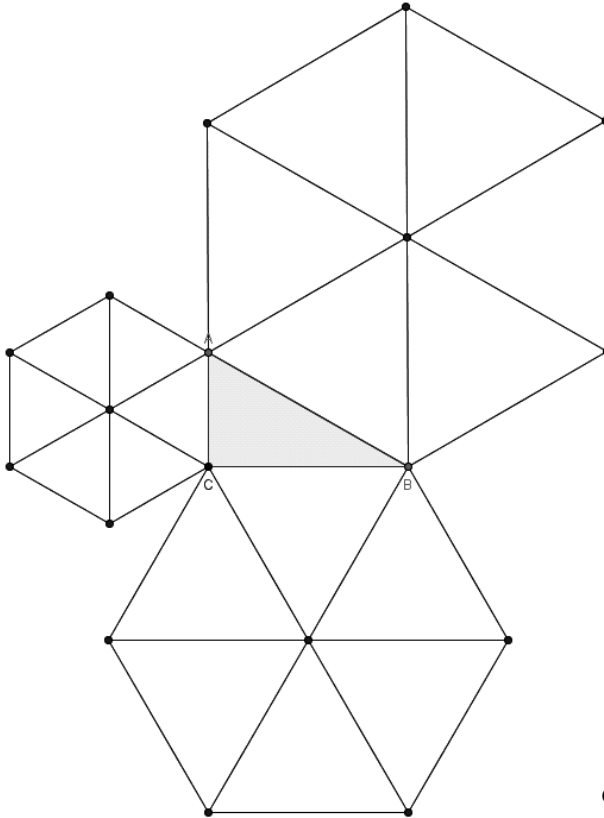
Obr. 4

Všimněte si opět bílé části obdélníku; jsou to dva obdélníky o rozměrech a, ka a b, kb , obsah prvního je ka^2 a obsah druhého kb^2 . Proto platí, že $kc^2 = ka^2 + kb^2$, a to jsme chtěli ověřit. Pokud v našem appletu zvolíme $k = 1$, dostaneme speciálně geometrický důkaz Pythagorovy věty.

Pravidelné n -úhelníky nad stranami pravoúhlého trojúhelníku

Nyní ukážeme, jak z předchozího tvrzení dostaneme geometrický důkaz Pythagorovy věty zobecněný na libovolné pravidelné n -úhelníky sestrojené nad stranami pravoúhlého trojúhelníku.

Mějme libovolný pravoúhlý trojúhelník ABC s přeponou c . Sestrojíme nad příslušnou stranou trojúhelníku pravidelný n -úhelník se stranou délky a (b , c). Každý z těchto n -úhelníků rozdělíme na n rovnoramenných trojúhelníků se základnou délkou a (b , c). Na obr. 5 je situace pro $n = 6$.

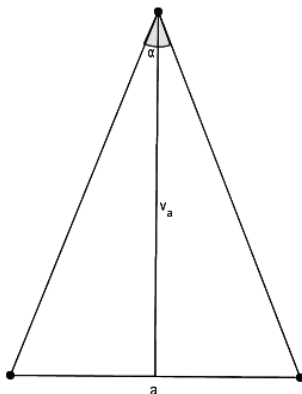


Obr. 5

Nyní uvažujme rovnoramenné trojúhelníky sestrojené nad každou stranou pravoúhlého trojúhelníka. Označíme-li S_a , S_b , S_c obsahy pravidelných n -úhelníků, pak jsou obsahy příslušných trojúhelníků S_a/n , S_b/n , S_c/n . Předpokládejme, že máme dokázanou Pythagorovu větu pro

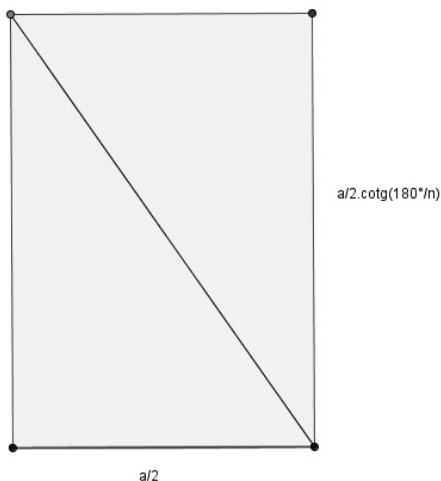
PRO ŽÁKY ZÁKLADNÍCH ŠKOL

naše trojúhelníky, tzn. $\frac{S_c}{n} = \frac{S_a}{n} + \frac{S_b}{n}$. Pak rovněž platí $S_c = S_a + S_b$. Proto poté stačí dokázat, že Pythagorova věta platí pro naše uvažované rovnoramenné trojúhelníky.



Obr. 6

Rozdělíme trojúhelník na dva pravoúhlé trojúhelníky (obr. 6) a složíme z nich obdélník o rozměrech $a/2$ a v_a (kde v_a je výška trojúhelníka ke straně a). Jak snadno zjistíme, $\alpha = 360^\circ/n$ a výška v_a půlí tento úhel, proto $\cotg(180^\circ/n) = v_a/(a/2)$, tedy $v_a = (a/2) \cotg(180^\circ/n)$.



Obr. 7

Obdobně pro další strany dostaneme obdélníky o rozměrech $b/2$, $(b/2) \cotg(180^\circ/n)$ a $c/2$, $(c/2) \cotg(180^\circ/n)$. Obsahy těchto obdélníků

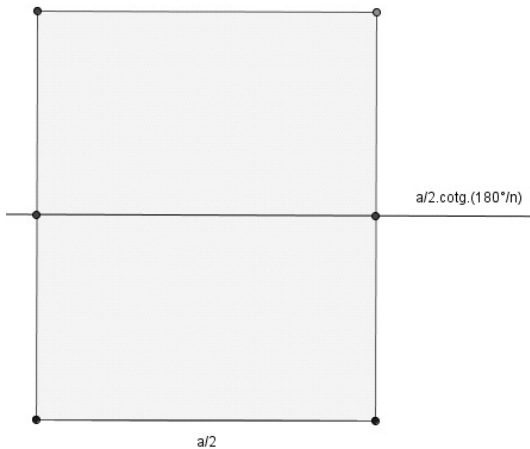
jsou (obr. 7)

$$\frac{a^2}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n}, \quad \frac{b^2}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n}, \quad \frac{c^2}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n}.$$

Rozpůlíme vodorovnou přímkou tyto obdélníky (obr. 8) a sestavíme obdélníky o rozměrech a a $(a/4) \cotg(180^\circ/n)$, b a $(b/4) \cotg(180^\circ/n)$, c a $(c/4) \cotg(180^\circ/n)$. Nyní stačí položit

$$k = \frac{1}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n}$$

a použít naše předchozí tvrzení. Číslo k je kladné, neboť $n \geq 3$ a $180^\circ/n \leq 180^\circ/3 = 60^\circ$ a hodnoty kotangens ostrého úhlu jsou kladné.



Obr. 8

Poté nakonec dostaneme

$$\frac{c^2}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n} = \frac{a^2}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n} + \frac{b^2}{4} \cotg \frac{180^\circ}{n}.$$

Z postupu vidíme, že obsah posledního obdélníku je stejný jako obsah uvažovaného trojúhelníku, což jsme chtěli dokázat. Tím je zobecněná Pythagorova věta dokázána pro libovolné pravidelné n -úhelníky sestrojené nad stranami pravoúhlého trojúhelníku.

Poznámka: Applet, o kterém se mluví v tomto článku, je možné spustit či stáhnout na stránce <http://www.rmaster.wz.cz> v odkazu Blog > Geometrický důkaz zobecněné Pythagorovy věty – java applet.

30. ročník Středoškolské odborné činnosti v oboru fyzika

Zdeněk Kluíber, PF UHK Hradec Králové

Jubilejní 30. ročník celostátní přehlídky Středoškolské odborné činnosti (SOČ) se uskutečnil na Vyšší odborné škole a Střední průmyslové škole ve Varnsdorfu ve dnech 13. 6. – 15. 6. 2008. Proti loňskému roku se osamostatnil obor 01 Matematika a statistika a vznikl nový obor 18 Informatika.

Do oboru 02 Fyzika z krajských přehlídek postoupilo 14 prací, obhajováno bylo 13 prací. Přehlídku v oboru fyzika sledovali jednak soutěžící, jednak jejich vyučující a další hosté. Přehlídku navštívili i předsedkyně Ústřední komise SOČ Mgr. J. Macháčková a předseda Ústřední poroty SOČ Prof. Ing. O. Pytela, DrSc.

Pořadí prací v přehlídce oboru fyzika:

1. *Petr Šedivý, Jiří Slabý, Petr Bouchner: Detekce vysokoenergetického kosmického záření CZELTA. Gymnázium, Sasická 1083, Pardubice.*

V rámci realizace projektu CZELTA autoři práce vytvořili algoritmy pro výpočet obzorníkových a rovníkových souřadnic z dat stanice CZELTA, algoritmy pro zobrazení oblohy, analýzu směrů, počtu a energií spršek částic z vesmíru dopadajících na zemský povrch. Pokusili se i vyhledat spršky odpovídající význačným událostem ve vesmíru.

Práce získala Cenu České spořitelny, Cenu Sdružení na podporu talentované mládeže, Cenu děkana Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

2. *Zdeněk Holub: Solární panely. Gymnázium, Masarykovo nám. 9/116, Třebíč.*

Práce se zabývá problematikou konstrukce a praktického využití solárních panelů. Charakterizuje hlavní parametry ovlivňující jejich činnost a zamýšlí se nad možnostmi jejich technického zlepšení.

Práce získala 2. cenu České nukleární společnosti.

3. *David Večorek: Zpracování signálu srdečních zvuků. Gymnázium, Terezy Novákové 2, Brno–Sečkovice.*
Předmětem práce je detekce srdečních zvuků, resp. nalezení optimálních parametrů pro pásmovou filtraci měřených signálů před vlastní detekcí. Byl vytvořen program, který umožňuje automaticky určit optimální filtr pro daného pacienta.
4. *Roman Čížinský, Martin Rendek: Prototyp elektromagnetického děla. Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Budějovická 421, Sezimovo Ústí.*
Autoři představili prototyp elektromagnetického pulzního děla – na desce o rozměrech 100 cm × 60 cm – jako demonstrační zařízení fyzikálních zákonů, měření a zdokonalování celého systému. Lze vystřelovat železný projektil o hmotnosti 100 g ve směru osy hlavně. Práce získala Cenu prorektora pro rozvoj ČVUT.
5. *Jan Břehovský: Měření topného faktoru tepelného čerpadla. Gymnázium Zikmunda Wintra, nám. J. Žižky 186, Rakovník.*
Práce se týká technických parametrů tepelných čerpadel. Autor hodnotí účinnost tepelného čerpadla systému voda–voda sloužícího k vytápění obytného domu i pro přípravu teplé užitkové vody pomocí topného faktoru.
6. *Tomáš Eckschlager: NBI pro tokamak COMPASS-D. Gymnázium E. Krásnohorské, Ohradní 55/111, Praha.*
Práce se týká činnosti instalovaného tokamaku COMPASS-D v ÚFP AV ČR. Autor získal možnost zapojit se do projektu modelování profilu svazku a do řešení návrhu optimálních vlastností clony, resp. odhadu její zátěže. Na základě energie dopadající na clonu bylo možno dospět k návrhu na materiál clony a způsob jejího chlazení. Práce získala 1. cenu České nukleární společnosti.
7. *Martin Matuš, Jan Lednický: Studium kmitů matematického kyvadla pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel. Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Studentská 166/II, Poděbrady.*
Pomocí numerické metody řešení pohybových rovnic jsou studovány kmity matematického kyvadla.
8. *Vojtěch Šimečka: Elektromagneticky laditelný filtr pro terahertzové spektrální pole. Mendelovo gymnázium, Komenského 5, Opava.*
Autor prezentuje příspěvek k rozvoji terahertzové spektroskopie a její aplikace. Přínosem se jeví teoretické zjištění, že laditelnost filtru elektrickým polem při intenzitě větší než 30 kV/m² je srovnatelná s laděním teplotním.

9. *David Kindl: Vliv úsad na přestup tepla v sekvenci výměníků. Gymnázium, Havlíčkova 175, Roudnice nad Labem.*
Práce se zabývá sledováním poklesu prostupu tepla v sekvenci výměníků, odvozením vztahů pro zjištění součinitele prostupu tepla a vyhodnocením nejlepšího způsobu čištění výměníků, resp. posouzením účinnosti promývání výměníků s ohledem na ekonomický efekt.
10. *Monika Plíhalová, Eliška Skalická, Petr Volf: Ledovce. První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové, Brandtlova 875, Hradec Králové.*

V úvodu se práce zabývá obecnými charakteristikami dob ledových a meziledových. V centru pozornosti je dále problematika ledovců. Rozborem modelových situací autoři diskutují následky globálního oteplování. Velmi aktuální se jeví kvantitativní řešení několika problémů spojujících tání ledovců a globální oteplování.

11. *Tomáš Maštálko: Elementární částice. Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická a Vyšší odborná škola, Masarykova 3, Liberec.*

Výsledkem práce je základní přehled o částicích, jejich rozdělení, vlastnostech, vzniku a metodách zkoumání.

Práce získala 3. cenu České nukleární společnosti.

12. *Vítězslav Šmíd: Fyzikální simulace. Střední škola elektrotechnická, Křížkova 1258, Frenštát pod Radhoštěm.*

V práci je nejprve uveden přehled hlavních poznatků, který je nutný k vytvoření programu pro fyzikální simulace. Byla vypracována a testována počítačová simulace letu Boeingu 747 – změny polohy, úhlů a rychlosti objektu. Byly vzaty v úvahu: zjednodušení momentu setrvačnosti, odporové a vztakové koeficienty, snižování úhlové rychlosti. (Autor byl velmi úspěšný ve svém 2. soutěžním oboru 18 Informatika, kde získal 3. místo a dvě zvláštní ceny.)

13. *Radek Podškubka: Optické jevy v atmosféře. Gymnázium J. A. Komenského, Komenského 169, Uherský Brod.*

Na základě vlastních autorových vybraných pozorování a především kompilace je vytvořen poměrně obsáhlý přehled optických jevů v atmosféře. Jsou zdůrazněny vazby fyziky a meteorologie.

Lze konstatovat, že roste kvalita zpracování soutěžních prací. Jednoznačně se projevuje kontakt žáků s konzultanty prací. Příští celostátní přehlídka SOČ se uskuteční v roce 2009 na Střední škole informatiky a služeb ve Dvoře Králové nad Labem.