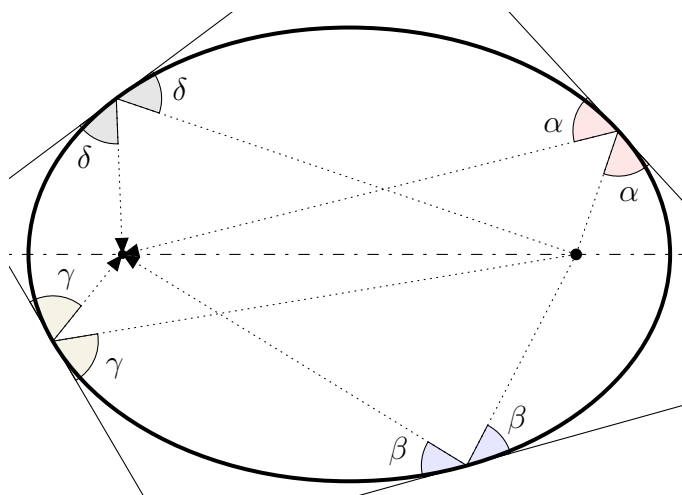


## Kuželosečky – elipsa v architektuře

### Zadání:

S elipsou se můžeme setkat také v architektuře. Sály s eliptickým půdorysem (popř. sály stavěné jako elipsoidy) mají totiž velice specifické akustické vlastnosti, způsobené odrazem zvukových vln od stěn sálu. Přesněji řečeno, mluví-li (nebo dokonce šeptá) někdo přímo v ohnisku elipsy, je jeho hlas velice dobře slyšet v druhém ohnisku, a to i když je velmi vzdálené. Na jiných, podobně vzdálených místech pak šeptající hlas tak dobře slyšet není. Zvukové vlny, které vycházejí z jednoho ohniska, se totiž od stěn vždy odráží směrem k druhému ohnisku (viz obrázek 1). Tato vlastnost je způsobena fyzikálním zákonem odrazu<sup>1</sup> a tím, že spojnice ohnisek s bodem elipsy svírají s tečnou v tomto bodě stejný úhel.<sup>2</sup>



Obrázek 1: Odraz zvukových vln do druhého ohniska

Petr s Janou stojí v sálu s eliptickým půdorysem. Změřili si, že jeho nejdelší průměr měří 20 Honzových kroků a nejkratší průměr 12 Honzových kroků. Kam se nyní mají postavit tak, aby každý stál v jednom ohnisku?

### Řešení:

Protože ze zadání známe velikost hlavní a vedlejší poloosy (hlavní poloosa  $a$  má délku 10 kroků a vedlejší poloosa  $b$  má délku 6 kroků) a protože pro každou elipsu platí vztah  $a^2 = b^2 + e^2$  (kde  $e$  je excentricita elipsy), vypočítáme dosazením excentricitu:

$$e = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{10^2 - 6^2} = 8.$$

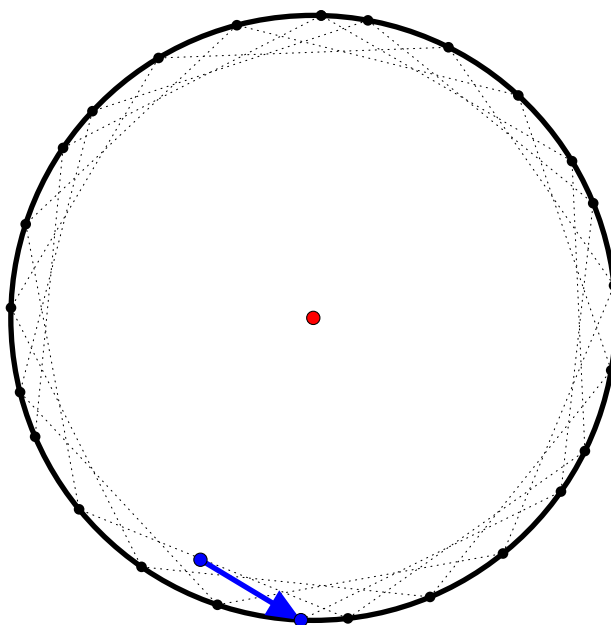
**Ohniska se proto nachází na nejdelším průměru, a to 8 kroků od středu elipsy (nebo také 2 kroky od zdi sálu).**

<sup>1</sup>Úhel odrazu je stejný jako úhel dopadu, přičemž dopadající i odražené vlnění leží v téže rovině.

<sup>2</sup>Přesněji tuto vlastnost elipsy formulujeme a dokazujeme zde.

*Poznámka.* V angličtině se sálům s výjimečnými akustickými vlastnostmi říká „whispering galleries“ (v doslovném překladu „šeptající galerie“). Samotné vlastnosti i jejich příčina se však mohou lišit od námi popsaného příkladu.

Třeba ochoz v londýnské katedrále sv. Pavla vede po obvodu kupole s kruhovým půdorysem. V případě, že je mluvící (nebo šeptající) člověk u zdi ochozu správně natočený, pohybují se odražené zvukové vlny velmi blízko obvodu ochozu, a proto je možné hlas slyšet i na vzdálených místech ochozu (viz obrázek 2 – poloha a směrová orientace mluvícího je znázorněna modrou orientovanou úsečkou).



Obrázek 2: Šíření zvukových vln po obvodu sálu

V České republice můžeme sály s výjimečnými akustickými vlastnostmi najít např. na zámku Humprecht v Sobotce nebo v kapli Památníku Mohyla míru v Prazi.

## Literatura

- [1] Š. Voráčová a kolektiv: *Atlas geometrie*. Academia, Praha 2022, str. 124
- [2] Oliver Wright: *Gallery of whispers*. Physics World, 25(02), str. 31