

# *Hudobná akustika a fyzika* *Dopplerov jav*

2. ročníky, január 2021

Martina Horváthová

# Čo bude obsahom hodín -

- Rozsah počuteľnosti - <https://www.szynalski.com/tone-generator/>
- Rozdiel medzi tónmi (jednoduché, zložené) a hlukom z hľadiska priebehu + meranie frekvencie tónu pomocou programu audacity, pojmy výška, hlasitosť a farba tónu,
- Príklady typu - ozvena a vzdialenosti, meranie echolokáciou,
- Dopplerov jav - princíp, využitie v praxi (radar, netopier, rozpínanie vesmíru, medicína - ultrazvuk+Doppler - priechodnosť ciev)

## ***Akustika:***

- *zaoberá sa fyzikálnymi dejmi pri prenose zvuku.*

## ***Fyzikálna akustika:***

- *študuje fyzikálne podmienky vzniku zvuku v zdrojoch zvuku,*
- *šírenie a absorpciu zvuku v rôznych prostrediach.*

## ***Fyziologická akustika:***

- *zaoberá sa vznikom zvuku v hlasovom orgáne človeka a vnímaním zvuku sluchom.*

## ***Hudobná akustika:***

- *skúma zvuky z hľadiska potrieb hudby.*

## *Zvuk:*

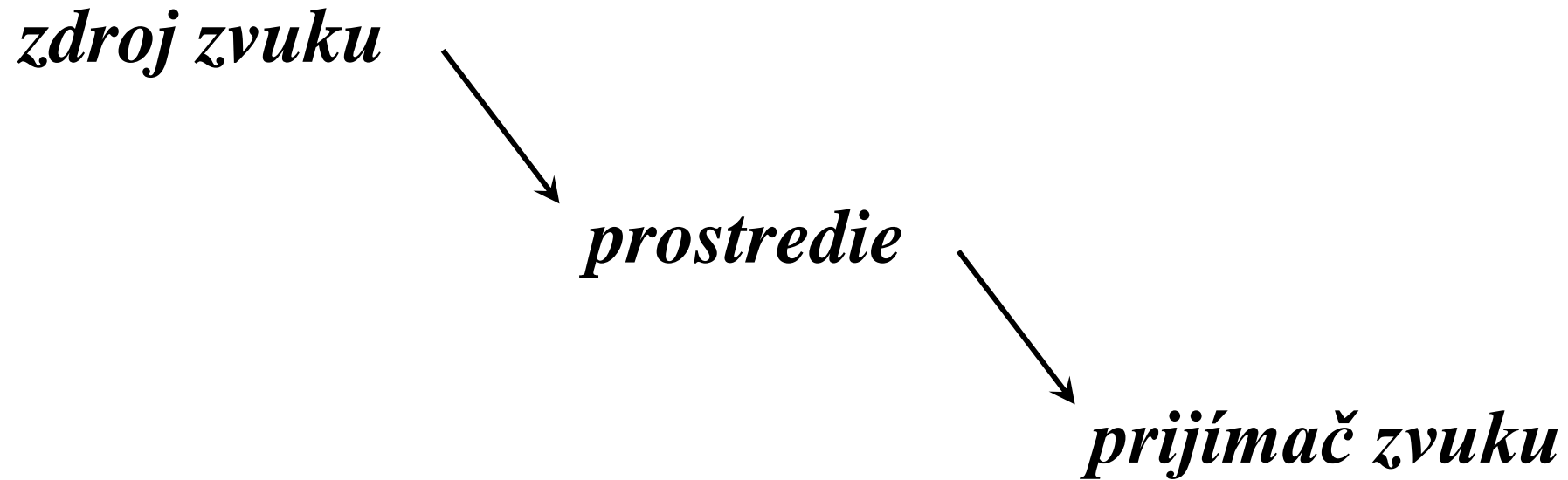
*- je každé mechanické vlnenie hmotného prostredia, ktoré pôsobí na ľudské ucho a vyvoláva v ňom sluchový vnem,*

*Rozsah počuteľnosti – individuálne, s vekom sa mení  
online tónový generátor - napr.*

*<https://www.szynalski.com/tone-generator/>*

*- je mechanické vlnenie s frekvenciou v intervale  
od **16 Hz** do **16 000 Hz**.*

## *Prenos informácii v sústave...*



*zdroj - reproduktor, ladička, hlasivky...*

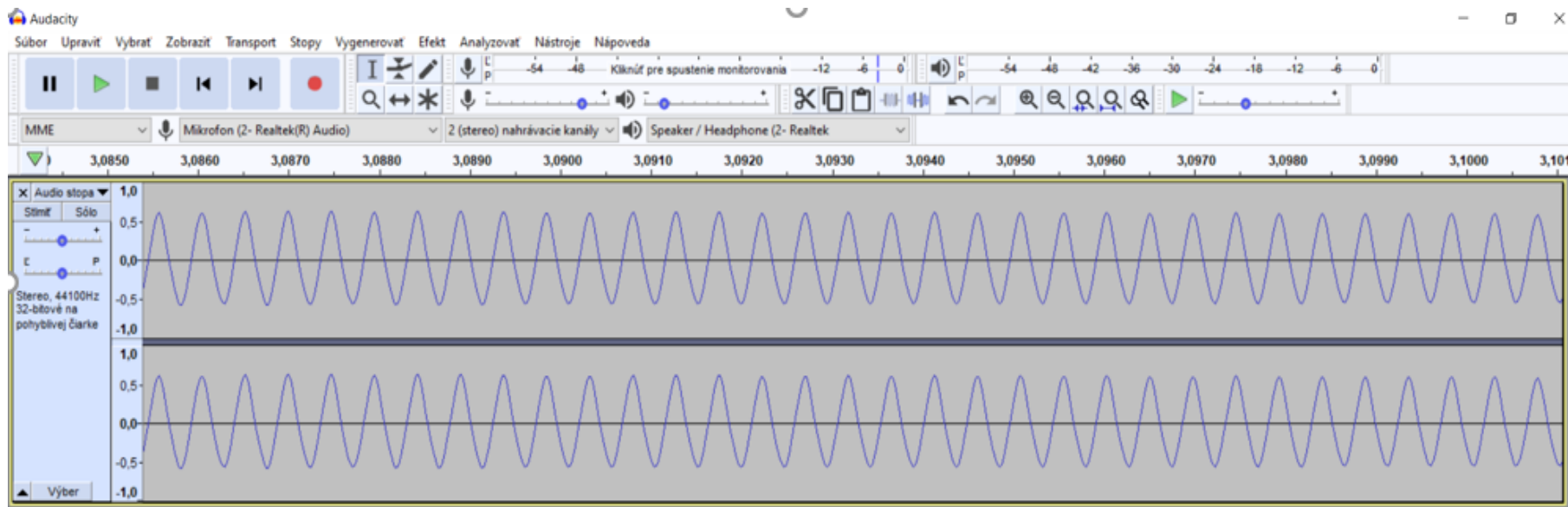
*prostredie - vzduch, voda...*

*prijímač - mikrofón, ucho...*

# Pozorujte, ako sa líši tón od hluku z hľadiska priebehu – program audacity

- Tón na ústnej harmonike

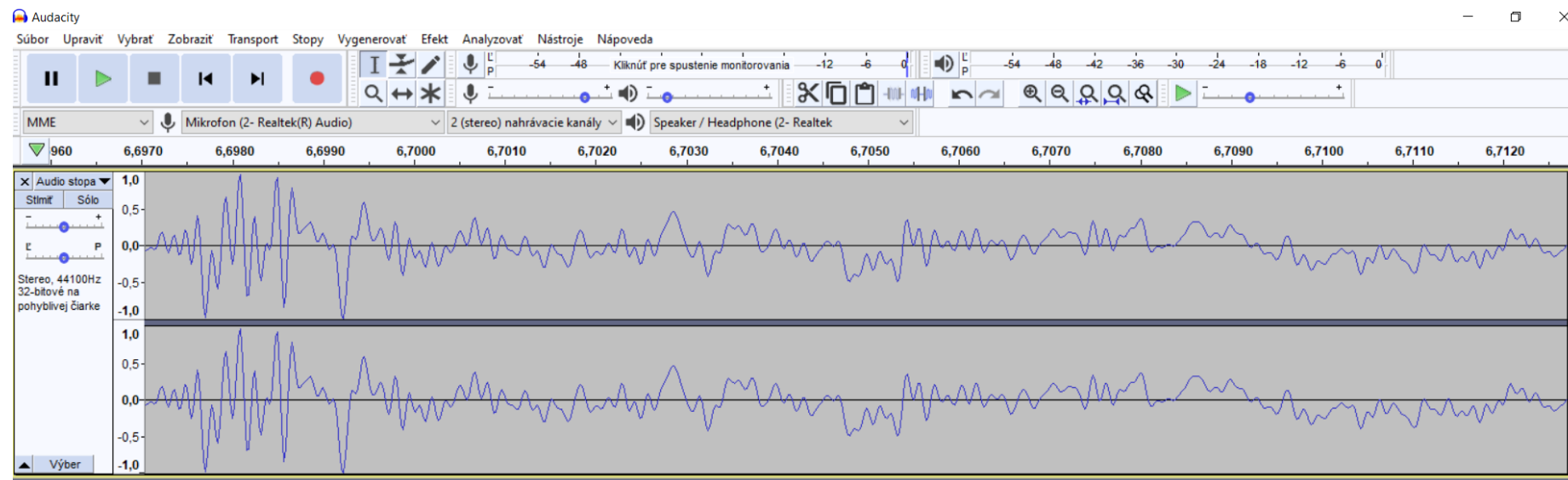
Periodický priebeh



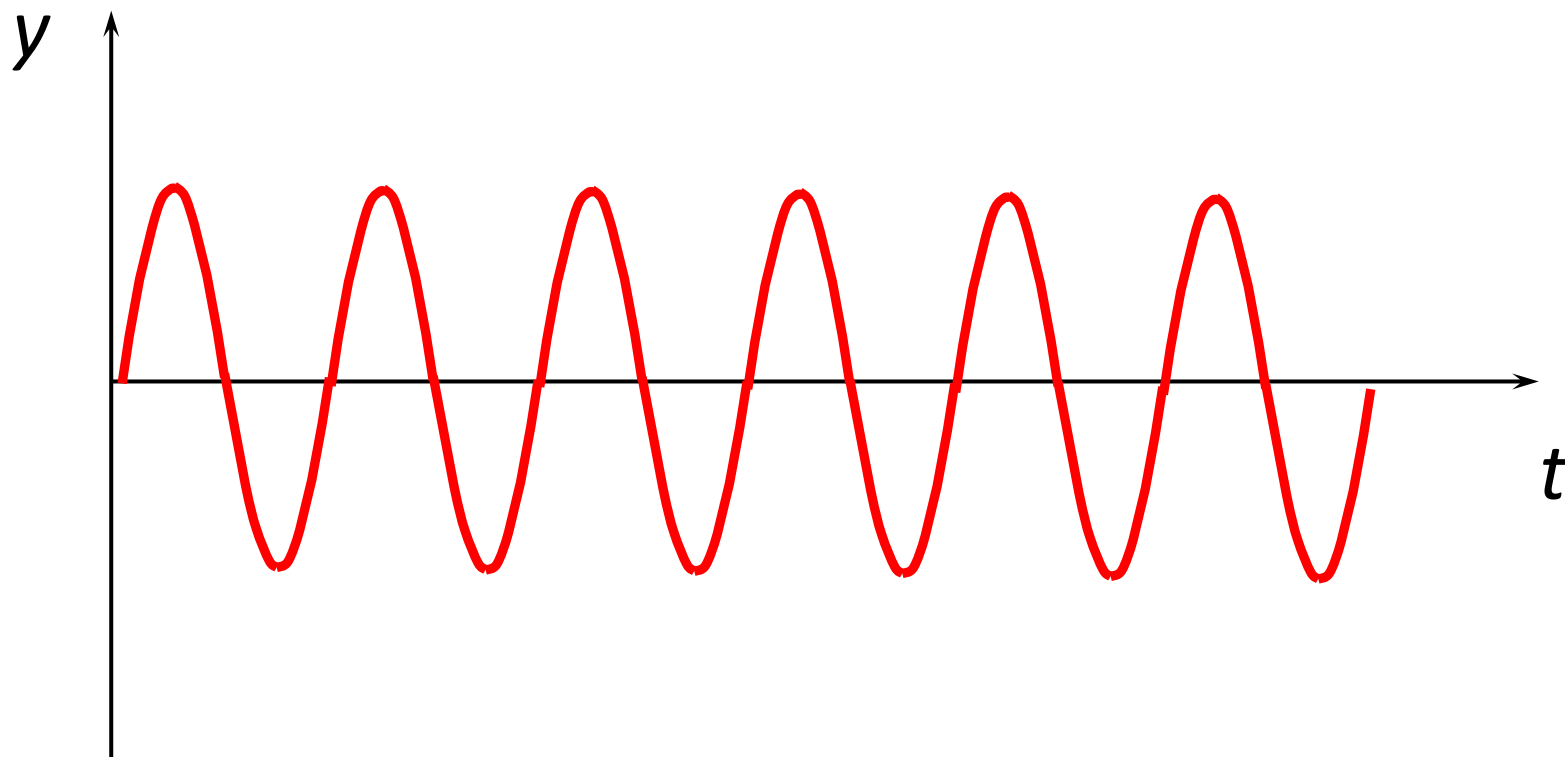
- Buchnutie

Ako sa ich  
priebehy líšia?

Neperiodický  
priebeh



*Periodické zvuky - hudobné zvuky - tóny*  
*- jednoduchý tón,*

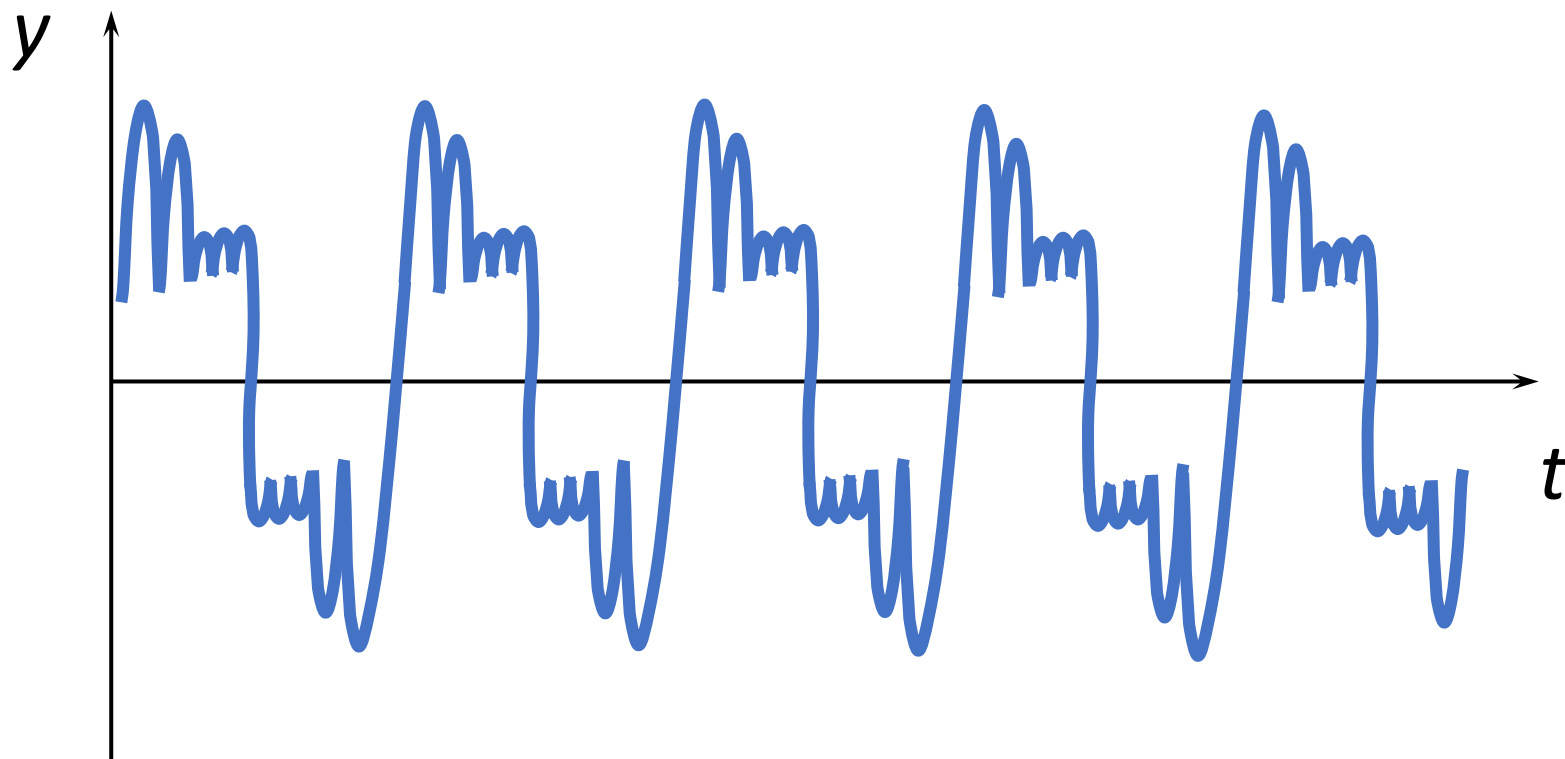


*- má harmonický priebeh,*

*Periodické zvuky - hudobné zvuky - tóny*

*- jednoduchý tón,*

*- zložený tón,*

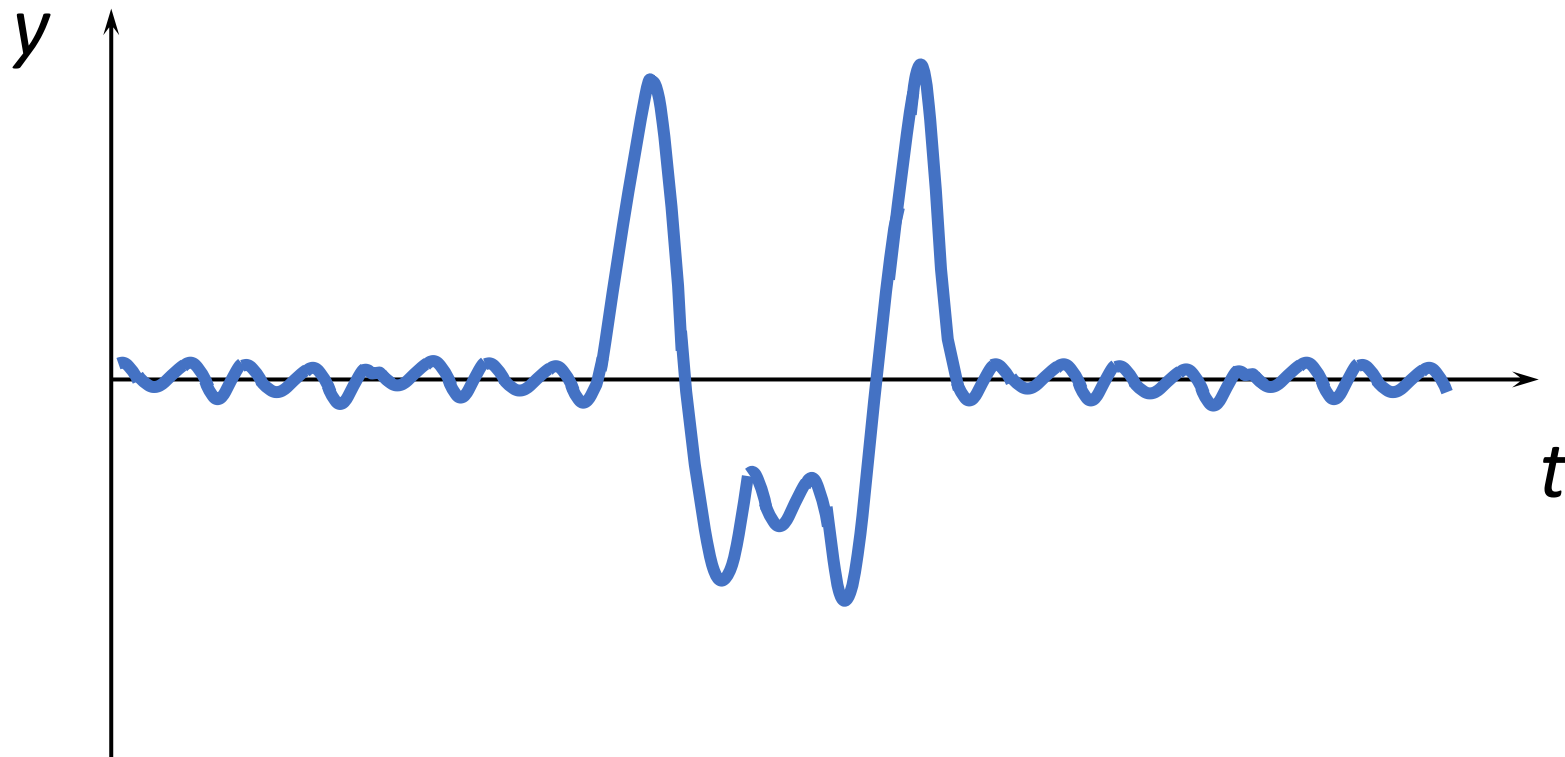


*- časový priebeh zvuku klarinetu - periodický*



# *Zvuky*

- *periodické,*
- *neperiodické,*



- *časový priebeh prasknutia,*

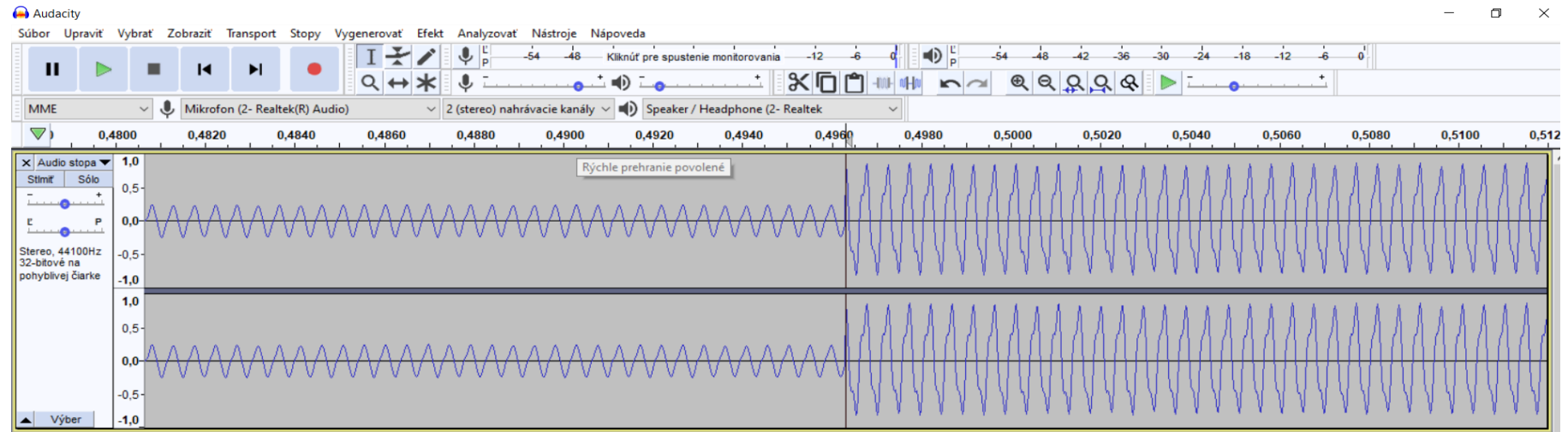
*Subjektívnu stránku vnímania zvuku vystihujú:*

- *výška zvuku,*
- *farba zvuku,*
- *hlasitosť.*

# Pozorujte, čo znamená výška tónu, hlasitosť tónu z hľadiska fyziky – program audacity

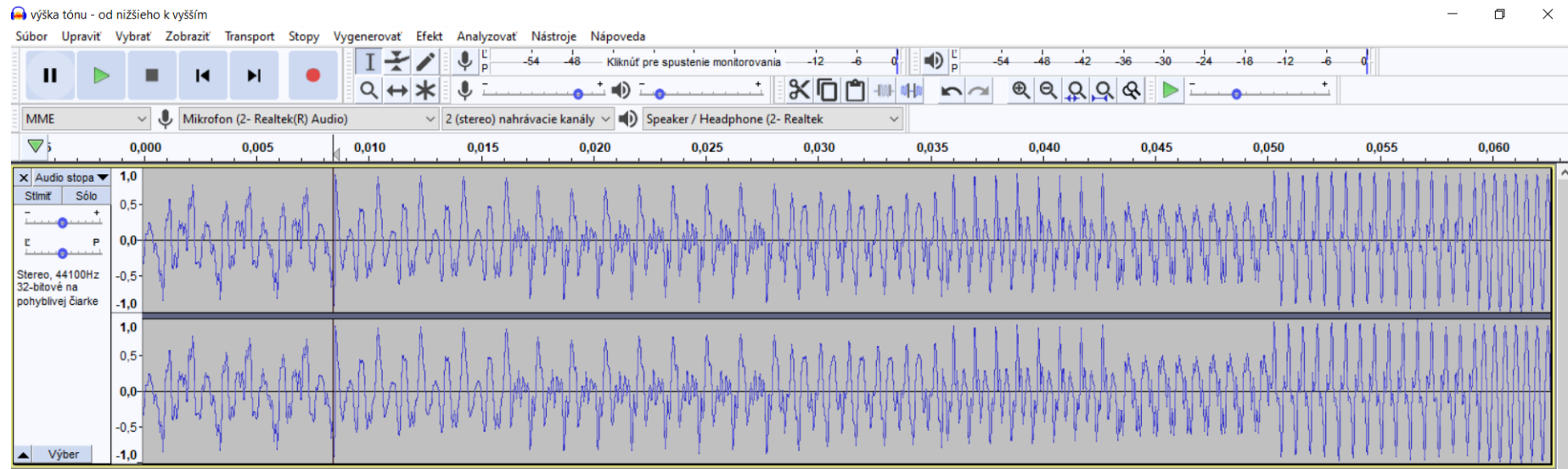
- Jeden tón zahráný na ústnej harmonike s rôznou hlasitosťou

Amplitúda



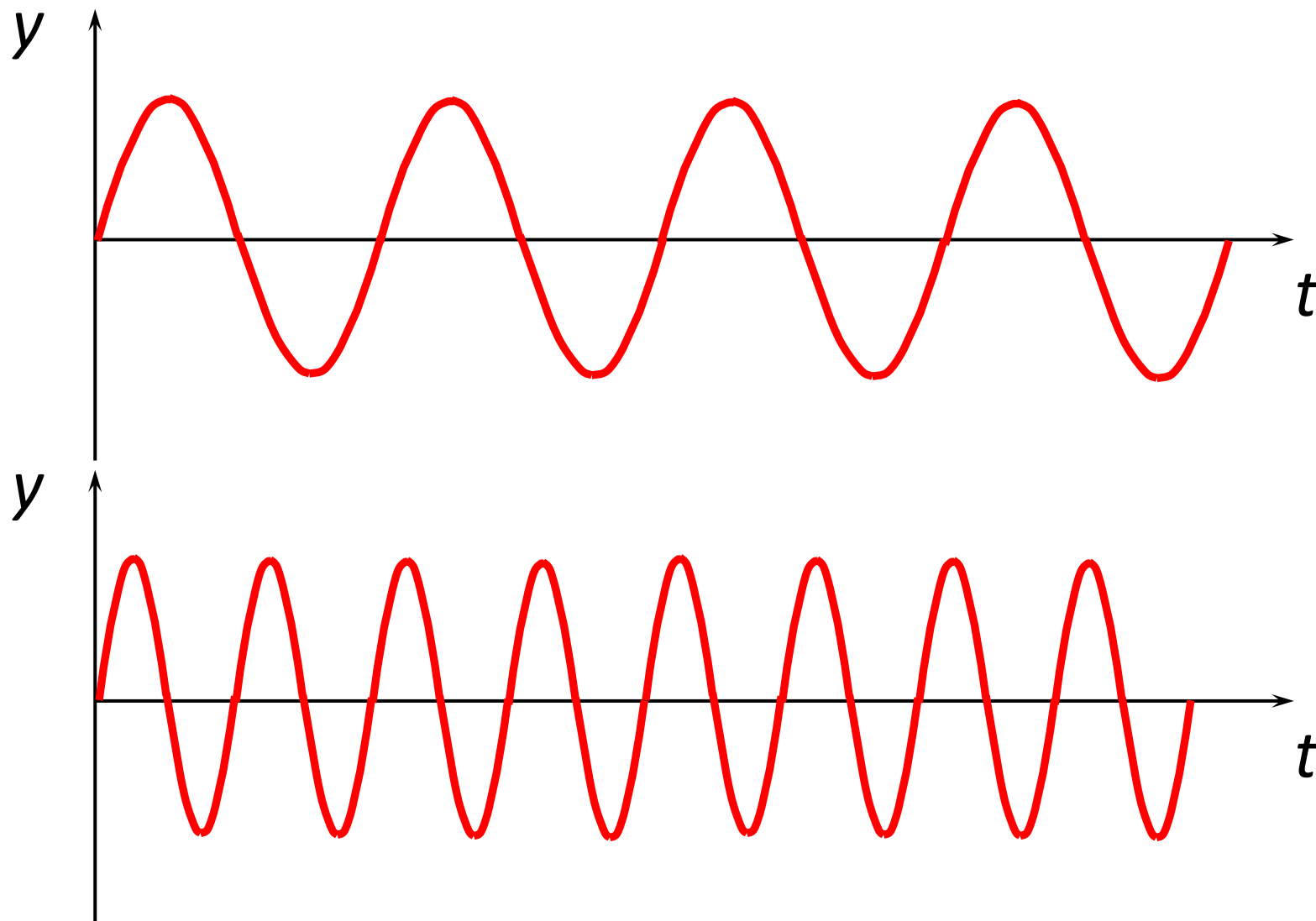
- Tóny rôznej výšky zahráné na ústnej harmonike (od nižšieho k vyššiemu tónu)

Frekvencia



Aké fyzikálne veličiny súvisia s hlasitosťou a s výškou tónu?

Výška zvuku - **absolútna**,

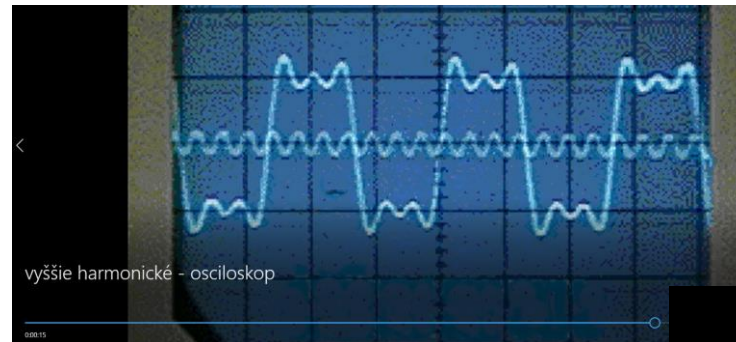
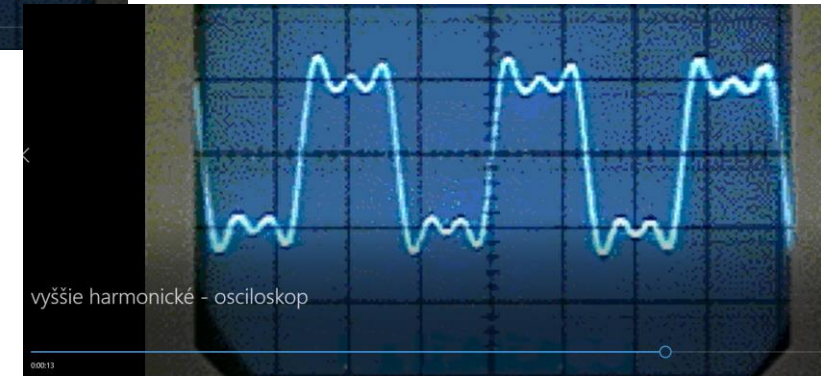
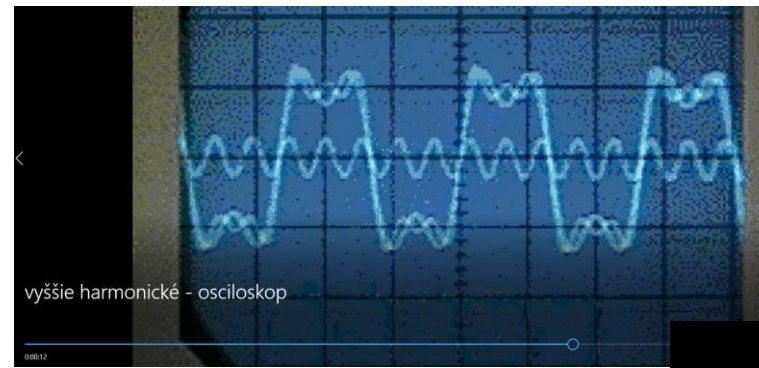
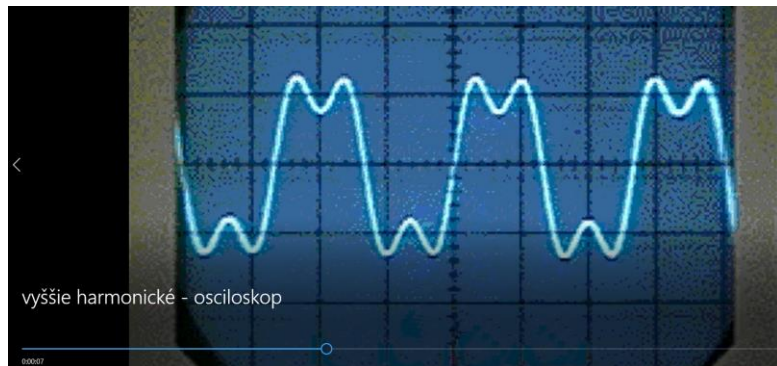
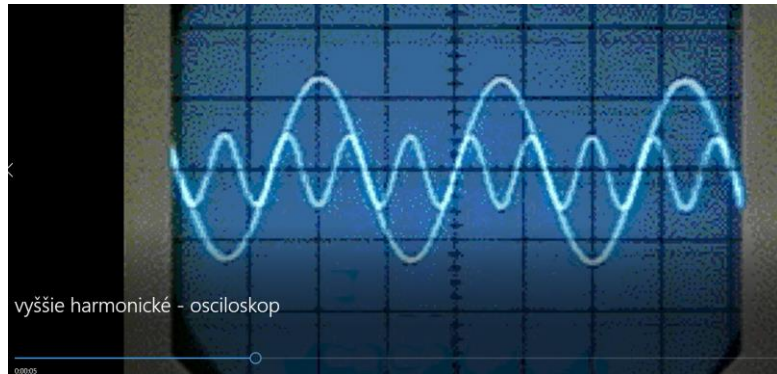
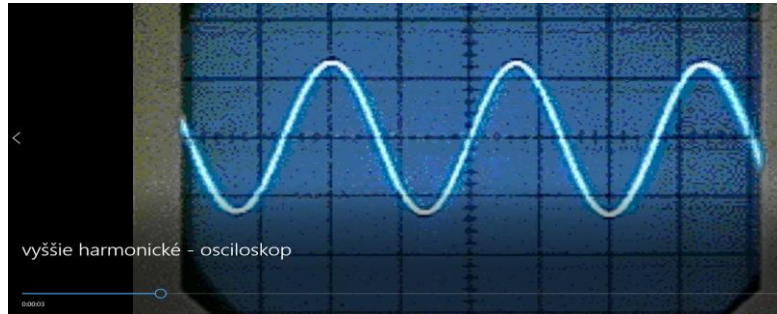


- je určená frekvenciou,

## *Farba zvuku*

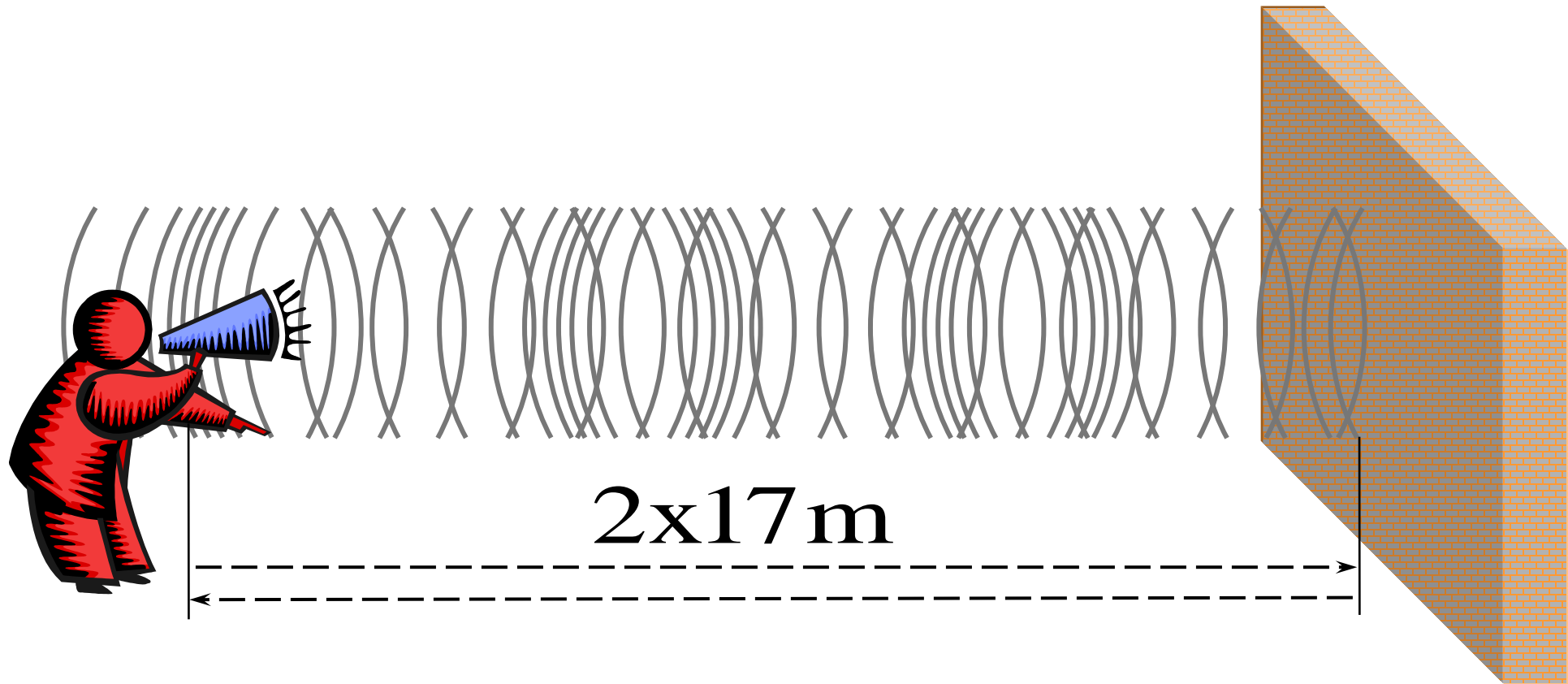
- *zložené tóny vznikli superpozíciou chvení s rôznymi frekvenciami,*
- *základná - najnižšia frekvencia, určuje výšku zvuku,*
- *vyššie harmonické tóny s rôznymi amplitúdami, ale podstatne menšími ako u základného tónu, určujú farbu zvuku,*

# Pozorujte, čo znamená, farba tónu z hľadiska fyziky





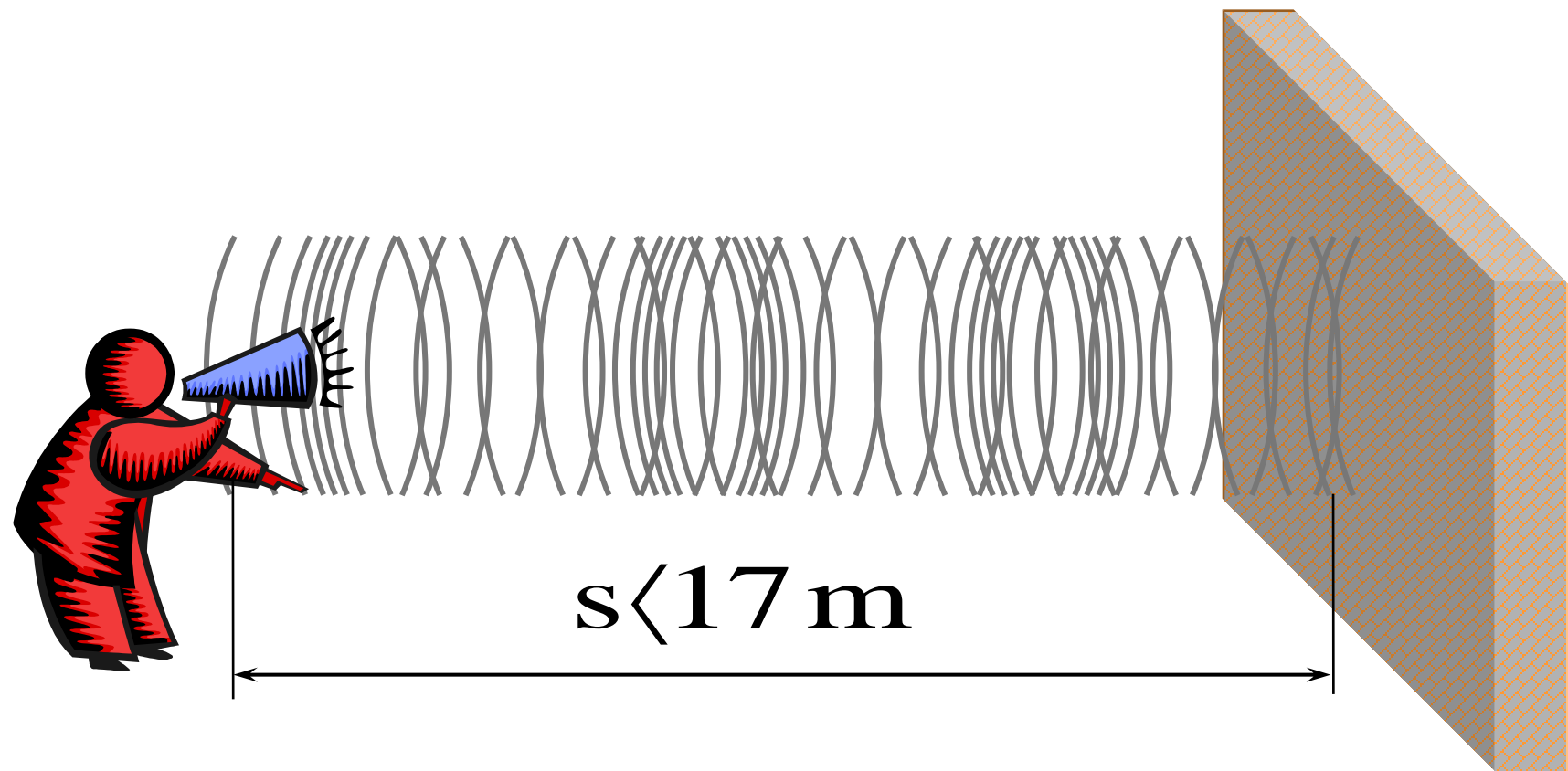
# Ozvena



$$s = vt = 340 \text{ m.s}^{-1} \cdot 0,1 \text{ s} = 34 \text{ m}$$

- sluchom odlišíme dva zvuky, ak  $\Delta t = 0,01 \text{ s}$

# Dozvuk



- pôvodný zvuk a odrazený zvuk splývajú, predlžuje sa trvanie zvuku,



## Príklady typu ozvena, echolokácia

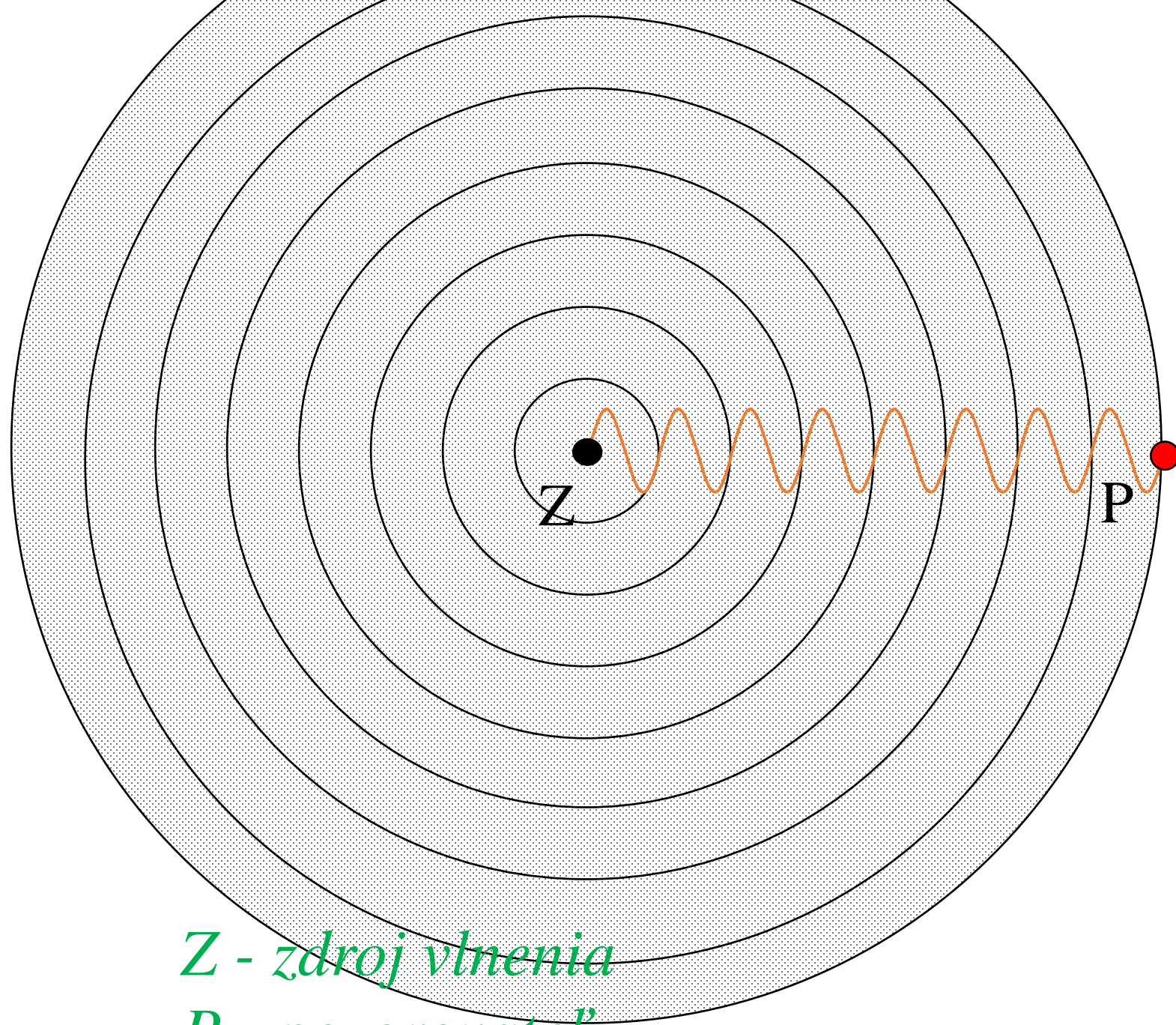
- Zb. 111/86
- *Poľovník vystrelil vo vzdialenosti 170 m od okraja lesa. Za aký čas počul ozvenu výstrelu?*
- Zb. 111/87
- *Na meranie hĺbky mora sa používa tzv. echolot, ktorým sa vysielajú zvukové signály a meria sa čas ich návratu po odraze od dna. Určte hĺbku mora, ak odrazený signál došiel k echolotu za 0,6 s. (Rýchlosť zvuku vo vode je 1 400 m/s)*
- Zb. 111/88
- *Pri geologickom prieskume bol uskutočnený pokusný výbuch, ktorého tlaková vlna sa v zemskej kôre šíri rýchlosťou 5 km/s. Na vrstve horniny odlišných vlastností nastal odraz tlakovej vlny, ktorá došla k miestu výbuchu za 22 s po výbuchu. Určte, v akej hĺbke sa zistila vrstva horniny?*

# *Dopplerov jav –* *princíp + využitie*

*(slajdy použité z prezentácií J. Beňušku)*

## *Zvuk prechádzajúceho automobilu*



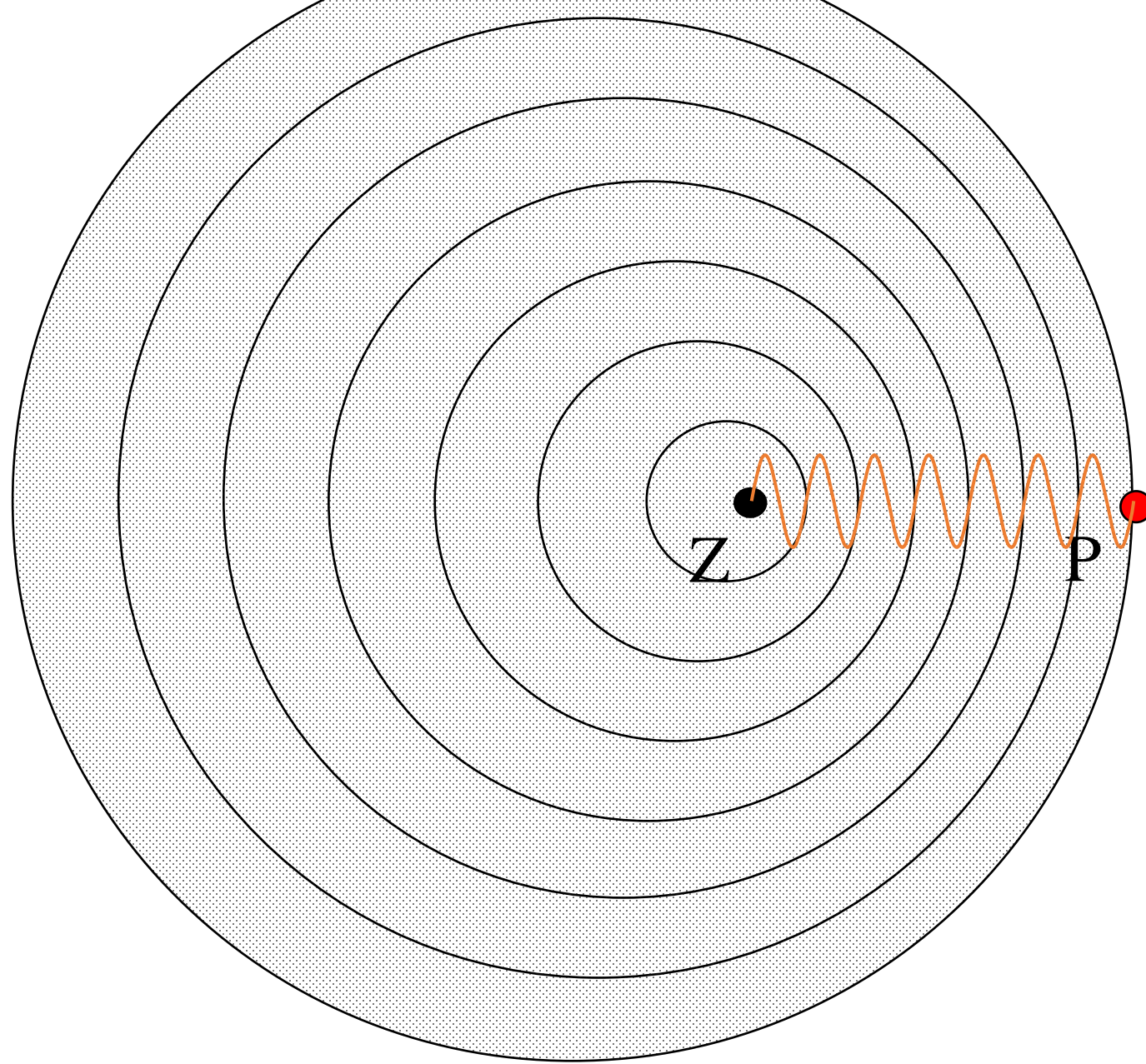


*Z - zdroj vlnenia*  
*P - pozorovateľ*

Z

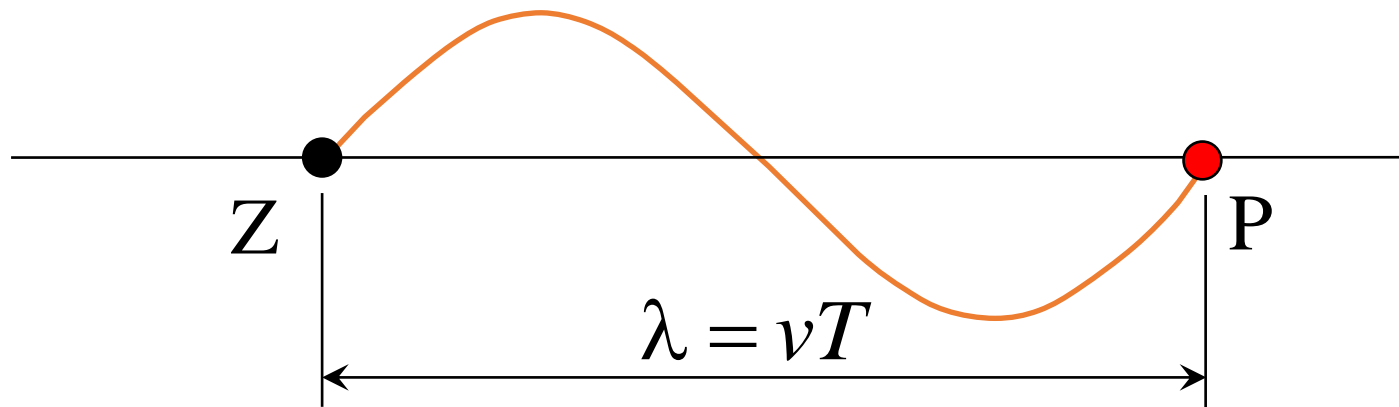
P

*Zdroj vlnenia sa približuje k pozorovateľovi...*

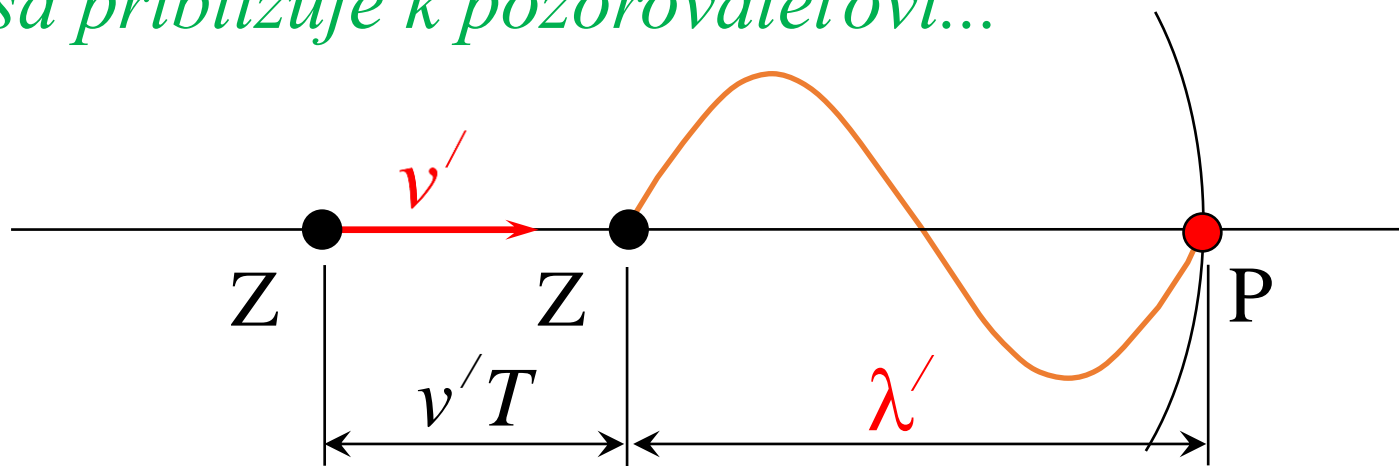


*Zdroj vlnenia sa približuje k pozorovateľovi...*

*Zdroj a pozorovateľ v pokoji...*

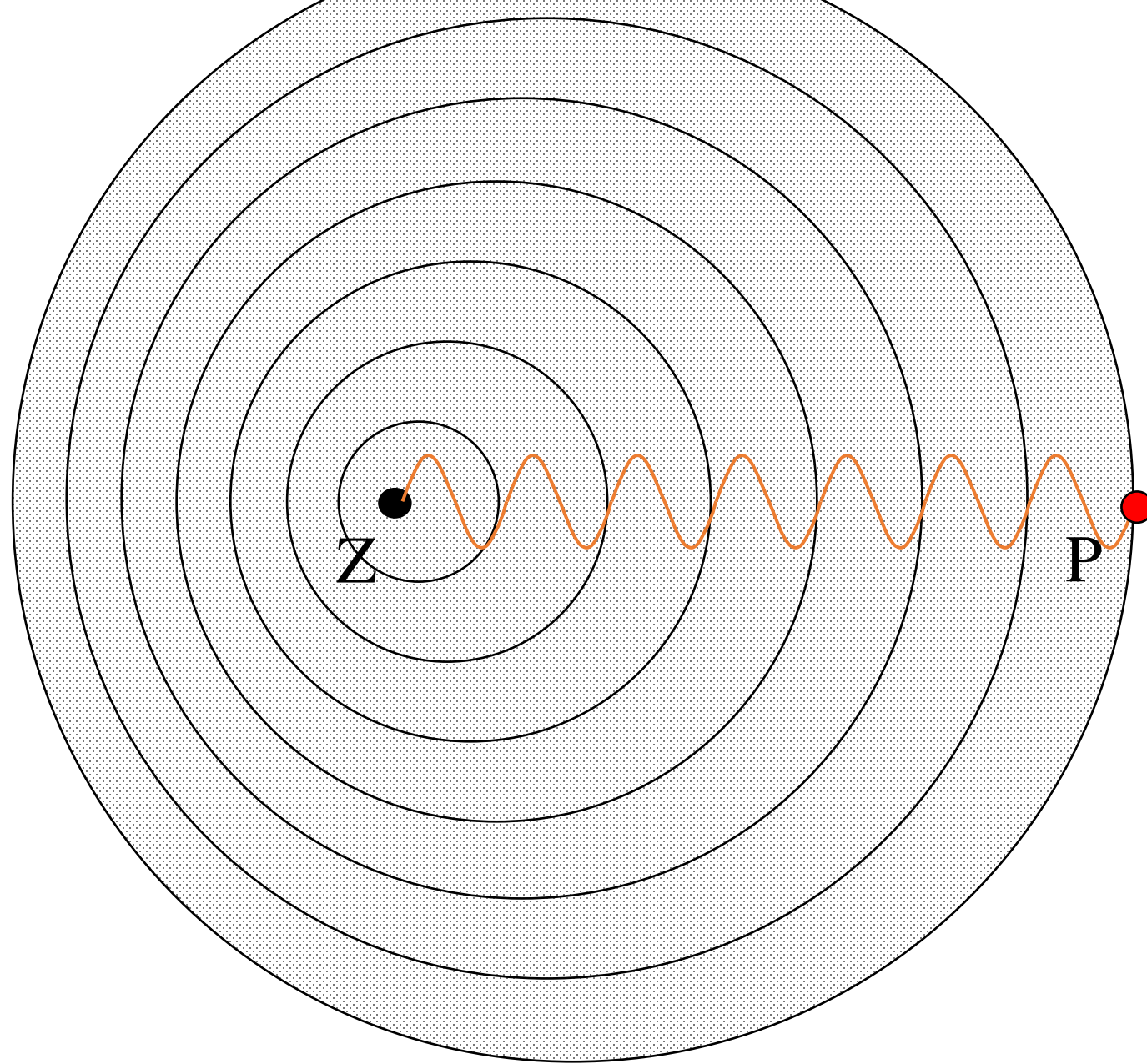


*Zdroj sa približuje k pozorovateľovi...*



$$\lambda' = \lambda - v'T = vT - v'T = (v - v')T$$

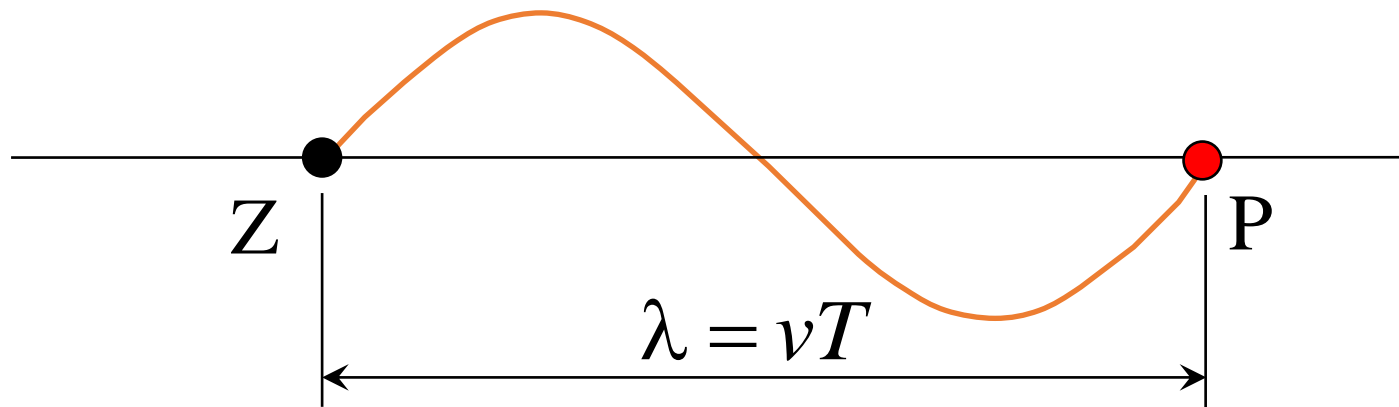
*- pozorovateľ zistí menšiu  $\lambda$  a teda väčšiu frekvenciu.*



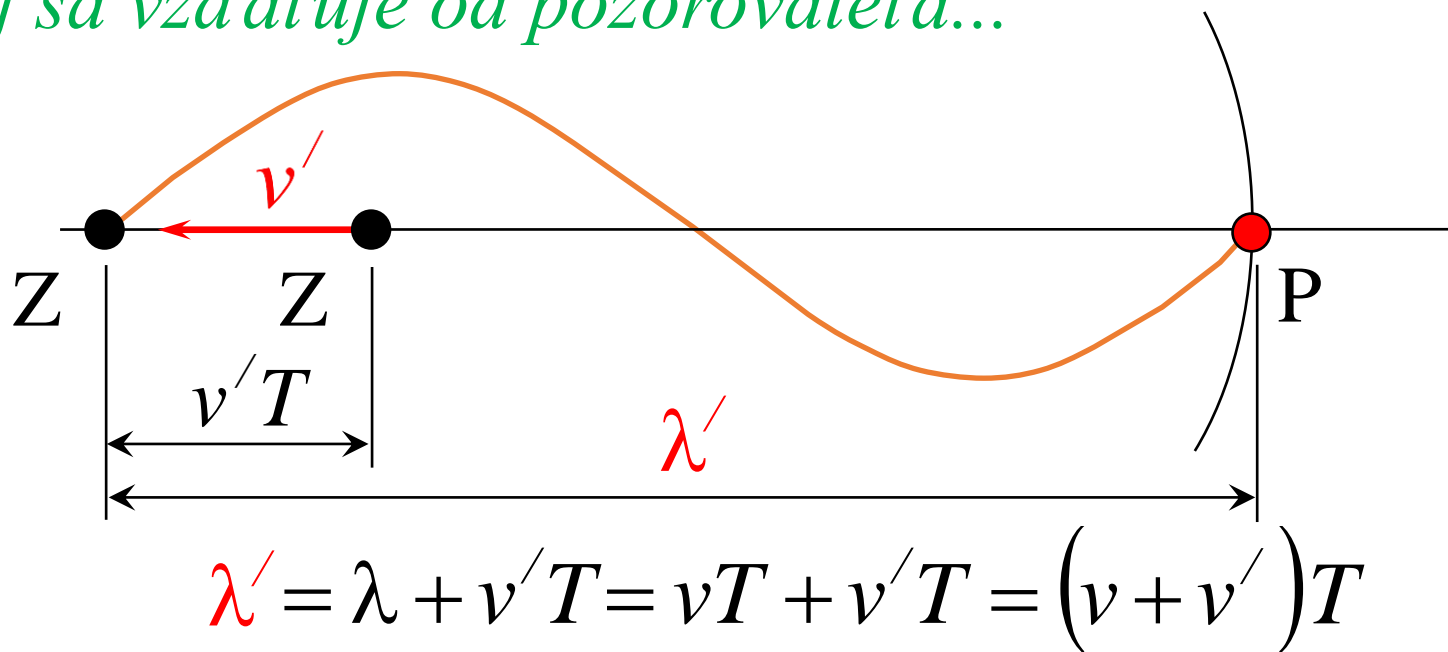
*Zdroj vlnenia sa vzd'aluje od pozorovateľa...*



*Zdroj a pozorovateľ v pokoji...*



*Zdroj sa vzdáľuje od pozorovateľa...*



*- pozorovateľ zistí väčšiu  $\lambda$  a teda menšiu frekvenciu.*

## *Dopplerov jav*

*Ak sa oscilátor, ktorý je zdrojom vlnenia a pozorovateľ navzájom pohybujú:*

*- pri vzájomnom približovaní je frekvencia vlnenia prijímaného pozorovateľom vyššia.*

$$f_p = \frac{v}{\lambda_p} = \frac{v}{\lambda - \lambda'} = \frac{v}{\lambda - vT} = \frac{v}{\frac{v}{f_z} - \frac{v'}{f_z}} = \frac{v}{v - v'} f_z$$

$f_p$  – frekvencia prijímaná pozorovateľom

$f_z$  – frekvencia vysielať zdrojom

$v$  – fázová rýchlosť vlnenia

$v'$  – rýchlosť zdroja voči pozorovateľovi

## *Dopplerov jav*

*Ak sa oscilátor, ktorý je zdrojom vlnenia a pozorovateľ navzájom pohybujú*

*- pri vzájomnom vzd'alovaní je frekvencia vlnenia prijímaného pozorovateľom menšia.*

$$f_p = \frac{v}{\lambda_p} = \frac{v}{\lambda + \lambda'} = \frac{v}{\lambda + vT} = \frac{v}{\frac{v}{f_z} + \frac{v'}{f_z}} = \frac{v}{v + v'} f_z$$

$f_p$  – frekvencia prijímaná pozorovateľom

$f_z$  – frekvencia vysielaaná zdrojom

$v$  – fázová rýchlosť vlnenia

$v'$  - rýchlosť zdroja voči pozorovateľovi

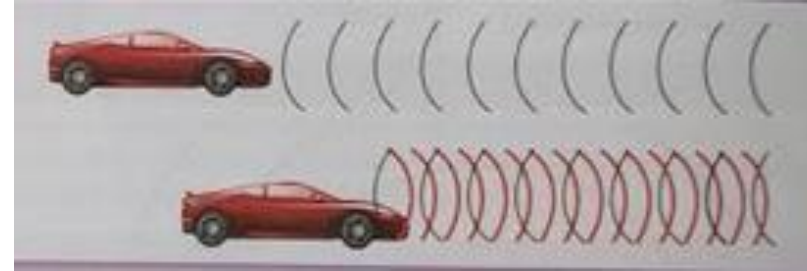


**Christian Doppler (1847 -1922), američan**

## Príklady praktického využitia Dopplerovho javu:

### - Radar

(elektromagnetické vlnenie –  
rádiovlny – dosah 60 m , lidar – IR  
žiarenie – dosah až 1800 m)

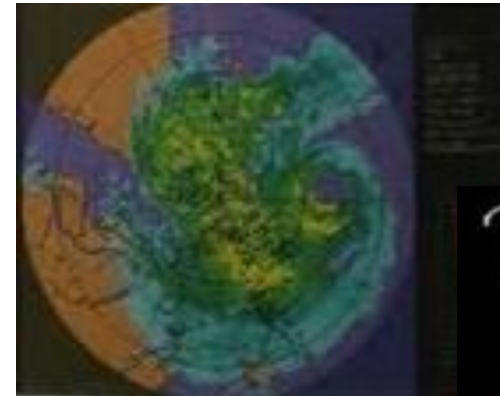


### - Meteorológia

(rýchlosť približovanie búrky a smer)

### - Echolokácia

(netopiere, delfíny) – (nielen kde je ale  
aj ako sa pohybuje korysť napr. hmyz)



## Príklady praktického využitia Dopplerovho javu:

- *Ultrazvuk + Doppler v medicíne*

*(rýchlosť prietoku krvi v cievach, výživy v pupočnej šnúre)*



- *Červený posun v astronómii*  
*(rýchlosť vzdľavovania galaxií, rozpínanie vesmíru)*



# *Dopplerov jav a Big bang Theory*

- <https://www.youtube.com/watch?v=Qvp0r0pMKr8>

