

Zvuk

Duje Jerić- Miloš

25. svibnja 2025.

Zvuk je val

- ▶ Zvuk je longitudinalni val: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecule4.gif>

Zvuk je val

- ▶ Zvuk je longitudinalni val: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecule4.gif>
- ▶ Titranje glasnica:
<https://www.youtube.com/watch?v=kfkFTw3sBXQ>

Zvuk je val

- ▶ Zvuk je longitudinalni val: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecule4.gif>
- ▶ Titranje glasnica:
<https://www.youtube.com/watch?v=kfkFTw3sBXQ>
- ▶ Amplituda zvučnog vala određuje **glasnoću**

Zvuk je val

- ▶ Zvuk je longitudinalni val: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecule4.gif>
- ▶ Titranje glasnica:
<https://www.youtube.com/watch?v=kfkFTw3sBXQ>
- ▶ Amplituda zvučnog vala određuje **glasnoću**
- ▶ Frekvencija zvučnog vala određuje **visinu tona**

Zvuk je val

- ▶ Zvuk je longitudinalni val: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecule4.gif>
- ▶ Titranje glasnica: <https://www.youtube.com/watch?v=kfkFTw3sBXQ>
- ▶ Amplituda zvučnog vala određuje **glasnoću**
- ▶ Frekvencija zvučnog vala određuje **visinu tona**
- ▶ Oblik zvučnog vala određuje **boju tona**

Zvuk je val

- ▶ Zvuk je longitudinalni val: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecule4.gif>
- ▶ Titranje glasnica: <https://www.youtube.com/watch?v=kfkFTw3sBXQ>
- ▶ Amplituda zvučnog vala određuje **glasnoću**
- ▶ Frekvencija zvučnog vala određuje **visinu tona**
- ▶ Oblik zvučnog vala određuje **boju tona**
- ▶ Valove različitih oblika dobijemo kombiniranjem sinusoida velikog broja različitih frekvencija (Fourierov red): <https://www.youtube.com/watch?v=3IAMpH4xF9Q>

Iz ritma u harmoniju

- ▶ Ubrzamo li ritam koji svake sekunde udre jednom (1Hz) 440 puta dobit ćemo ton A4 (440Hz)

Iz ritma u harmoniju

- ▶ Ubrzamo li ritam koji svake sekunde udre jednom (1Hz) 440 puta dobit ćemo ton A4 (440Hz)
- ▶ Dakle iz poliritma dobijemo akord:
<https://www.youtube.com/watch?v=Kgxxt0013mU>

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?
- ▶ Jer je gustoća energije proporcionalna kvadratu amplitude:

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?
- ▶ Jer je gustoća energije proporcionalna kvadratu amplitude:
- ▶ Npr. mehanički val energiju dobiva zbog gibanja komadića medija

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?
- ▶ Jer je gustoća energije proporcionalna kvadratu amplitude:
- ▶ Npr. mehanički val energiju dobiva zbog gibanja komadića medija
- ▶ Energija vala na nekom mjestu je dana maksimalnom kinetičkom energijom na tom mjestu $\frac{1}{2}mv^2$.
- ▶ Udvostručimo amplitudu \implies put koji komadić medija mora prijeći u jednom periodu je \implies brzina mora biti \implies energija mora biti

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?
- ▶ Jer je gustoća energije proporcionalna kvadratu amplitude:
- ▶ Npr. mehanički val energiju dobiva zbog gibanja komadića medija
- ▶ Energija vala na nekom mjestu je dana maksimalnom kinetičkom energijom na tom mjestu $\frac{1}{2}mv^2$.
- ▶ Udvostručimo amplitudu \implies put koji komadić medija mora prijeći u jednom periodu je duplo veći \implies brzina mora biti \implies energija mora biti

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?
- ▶ Jer je gustoća energije proporcionalna kvadratu amplitude:
- ▶ Npr. mehanički val energiju dobiva zbog gibanja komadića medija
- ▶ Energija vala na nekom mjestu je dana maksimalnom kinetičkom energijom na tom mjestu $\frac{1}{2}mv^2$.
- ▶ Udvostručimo amplitudu \implies put koji komadić medija mora prijeći u jednom periodu je duplo veći \implies brzina mora biti duplo veća \implies energija mora biti

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Intenzitet vala je snaga koja udara po jedinici površine $I = \frac{P}{A}$
- ▶ Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude A^2 . Zašto?
- ▶ Jer je gustoća energije proporcionalna kvadratu amplitude:
- ▶ Npr. mehanički val energiju dobiva zbog gibanja komadića medija
- ▶ Energija vala na nekom mjestu je dana maksimalnom kinetičkom energijom na tom mjestu $\frac{1}{2}mv^2$.
- ▶ Udvostručimo amplitudu \implies put koji komadić medija mora prijeći u jednom periodu je duplo veći \implies brzina mora biti duplo veća \implies energija mora biti 4 puta veća.

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Ako se val giba brzinom c , onda u vremenu t prijeđe put $d = ct$, a popuni volumen $V = Ad = Act$.

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Ako se val giba brzinom c , onda u vremenu t prijeđe put $d = ct$, a popuni volumen $V = Ad = Act$.
- ▶ Ako kroz površinu A unutar vremena t prođe energija E , onda je intenzitet $I = \frac{P}{A} = \frac{E}{tA} = \frac{E}{V}c$

Dodatak: Intenzitet

- ▶ Ako se val giba brzinom c , onda u vremenu t prijeđe put $d = ct$, a popuni volumen $V = Ad = Act$.
- ▶ Ako kroz površinu A unutar vremena t prođe energija E , onda je intenzitet $I = \frac{P}{A} = \frac{E}{tA} = \frac{E}{V}c$
- ▶ Dakle, intenzitet je proporcionalan gustoći energije $\frac{E}{V}$, koja je proporcionalna kvadratu amplitude

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)
- ▶ Krenemo prvo od vala amplitude $20\mu\text{Pa}$ (mikro paskala) - ovo je granica sluha prosječnog čovjeka.

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)
- ▶ Krenemo prvo od vala amplitude $20\mu\text{Pa}$ (mikro paskala) - ovo je granica sluha prosječnog čovjeka.
- ▶ Taj referentni val od $20\mu\text{Pa}$ proglasimo 0B, tj. 0dB

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)
- ▶ Krenemo prvo od vala amplitude $20\mu\text{Pa}$ (mikro paskala) - ovo je granica sluha prosječnog čovjeka.
- ▶ Taj referentni val od $20\mu\text{Pa}$ proglasimo 0B, tj. 0dB
- ▶ Val čiji je intenzitet 10 puta veći od tog referentnog vala ima 1B, tj. 10dB

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)
- ▶ Krenemo prvo od vala amplitude $20\mu\text{Pa}$ (mikro paskala) - ovo je granica sluha prosječnog čovjeka.
- ▶ Taj referentni val od $20\mu\text{Pa}$ proglasimo 0B, tj. 0dB
- ▶ Val čiji je intenzitet 10 puta veći od tog referentnog vala ima 1B, tj. 10dB
- ▶ Val 100 puta većeg intenziteta od referentnog je 2B, tj. 20dB a 1000 puta veći intenzitet je 3B, tj. 30dB, itd.

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)
- ▶ Krenemo prvo od vala amplitude $20\mu\text{Pa}$ (mikro paskala) - ovo je granica sluha prosječnog čovjeka.
- ▶ Taj referentni val od $20\mu\text{Pa}$ proglasimo 0B, tj. 0dB
- ▶ Val čiji je intenzitet 10 puta veći od tog referentnog vala ima 1B, tj. 10dB
- ▶ Val 100 puta većeg intenziteta od referentnog je 2B, tj. 20dB a 1000 puta veći intenzitet je 3B, tj. 30dB, itd.
- ▶ Mogu li decibeli biti negativni?

Decibeli

- ▶ Amplituda određuje glasnoću \implies glasnoću možemo mjeriti u Pa (paskalima)
- ▶ Uobičajenije je glasnoću iskazati u **belima** (B), odnosno **decibeilma** (dB)
- ▶ Krenemo prvo od vala amplitude $20\mu\text{Pa}$ (mikro paskala) - ovo je granica sluha prosječnog čovjeka.
- ▶ Taj referentni val od $20\mu\text{Pa}$ proglasimo 0B, tj. 0dB
- ▶ Val čiji je intenzitet 10 puta veći od tog referentnog vala ima 1B, tj. 10dB
- ▶ Val 100 puta većeg intenziteta od referentnog je 2B, tj. 20dB a 1000 puta veći intenzitet je 3B, tj. 30dB, itd.
- ▶ Mogu li decibeli biti negativni? DA! - 10dB je 10 puta manji intenzitet od referentnog vala

Širenje zvuka

- ▶ Ima li u vakuumu zvuka?

Širenje zvuka

- ▶ Ima li u vakuumu zvuka? NE! Za širenje zvuka je potreban medij (zrak)

Širenje zvuka

- ▶ Ima li u vakuumu zvuka? NE! Za širenje zvuka je potreban medij (zrak)
- ▶ Kada zvuk naiđe na prepreku dio se reflektira, dio transmitira, a dio upije kao nasumično gibanje atoma (toplina)

Širenje zvuka

- ▶ Ima li u vakuumu zvuka? NE! Za širenje zvuka je potreban medij (zrak)
- ▶ Kada zvuk naiđe na prepreku dio se reflektira, dio transmitira, a dio upije kao nasumično gibanje atoma (toplina)
- ▶ Refleksiju zvuka još zovemo

Širenje zvuka

- ▶ Ima li u vakuumu zvuka? NE! Za širenje zvuka je potreban medij (zrak)
- ▶ Kada zvuk naiđe na prepreku dio se reflektira, dio transmitira, a dio upije kao nasumično gibanje atoma (toplina)
- ▶ Refleksiju zvuka još zovemo jeka
- ▶ Zvuk se gubi na daljinu jer se amplituda smanjuje: valna fronta se širi otprilike kružno (sferno) od izvora

Širenje zvuka

- ▶ Ima li u vakuumu zvuka? NE! Za širenje zvuka je potreban medij (zrak)
- ▶ Kada zvuk naiđe na prepreku dio se reflektira, dio transmitira, a dio upije kao nasumično gibanje atoma (toplina)
- ▶ Refleksiju zvuka još zovemo jeka
- ▶ Zvuk se gubi na daljinu jer se amplituda smanjuje: valna fronta se širi otprilike kružno (sferno) od izvora
- ▶ Što smo dalje od izvora to će nas pogoditi manji dio valne fronte, tj. pogodit će nas manji komadić početne energije.

Kako izbjeći jeku?

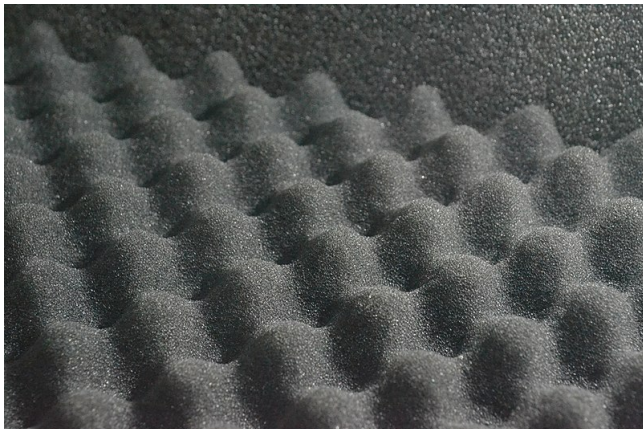
- ▶ Što bolje upija zvuk: mekani materijali (tapet, zavjese i sl.) ili tvrdi (zid, metal i sl.)?

Kako izbjeći jeku?

- ▶ Što bolje upija zvuk: mekani materijali (tapet, zavjese i sl.) ili tvrdi (zid, metal i sl.)?
- ▶ Zato u praznoj prostoriji čujemo jeku, a u popunjenoj ne

Kako izbjeći jeku?

- ▶ Što bolje upija zvuk: mekani materijali (tapet, zavjese i sl.) ili tvrdi (zid, metal i sl.)?
- ▶ Zato u praznoj prostoriji čujemo jeku, a u popunjenoj ne
- ▶ Akustična pjena je dizajnirana da razbije i upije zvučni val:



Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val

Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val
- ▶ Frekvencija tog vala određuje visinu tona

Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val
- ▶ Frekvencija tog vala određuje visinu tona
- ▶ Amplituda tog vala određuje energiju i glasnoću vala (gustoća energije je proporcionalna kvadratu amplitude)

Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val
- ▶ Frekvencija tog vala određuje visinu tona
- ▶ Amplituda tog vala određuje energiju i glasnoću vala (gustoća energije je proporcionalna kvadratu amplitude)
- ▶ Glasnoća se na udaljenostima smanjuje jer se val širi kružno pa nas pogađa samo komadić početne energije

Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val
- ▶ Frekvencija tog vala određuje visinu tona
- ▶ Amplituda tog vala određuje energiju i glasnoću vala (gustoća energije je proporcionalna kvadratu amplitude)
- ▶ Glasnoća se na udaljenostima smanjuje jer se val širi kružno pa nas pogađa samo komadić početne energije
- ▶ Glasnoću obično mjerimo u decibelima (dB)

Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val
- ▶ Frekvencija tog vala određuje visinu tona
- ▶ Amplituda tog vala određuje energiju i glasnoću vala (gustoća energije je proporcionalna kvadratu amplitude)
- ▶ Glasnoća se na udaljenostima smanjuje jer se val širi kružno pa nas pogađa samo komadić početne energije
- ▶ Glasnoću obično mjerimo u decibelima (dB)
- ▶ 0dB je referentni val amplitude $20\mu\text{Pa}$ (granica sluha).

Zaključimo (prepišite)

- ▶ Zvuk je longitudinalni val
- ▶ Frekvencija tog vala određuje visinu tona
- ▶ Amplituda tog vala određuje energiju i glasnoću vala (gustoća energije je proporcionalna kvadratu amplitude)
- ▶ Glasnoća se na udaljenostima smanjuje jer se val širi kružno pa nas pogađa samo komadić početne energije
- ▶ Glasnoću obično mjerimo u decibelima (dB)
- ▶ 0dB je referentni val amplitude $20\mu\text{Pa}$ (granica sluha).
- ▶ Intenzitet = snaga po jedinici površine
- ▶ 10dB je val 10 puta većeg intenziteta od referentnog; 20dB je 100 puta veći, a 30dB 1000 puta.