

Življenje pri majhnih Reynoldsovih številih

Žiga Kos

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

Zakaj niso plavalni zamahi preprostejši?

- Kako  metrov?

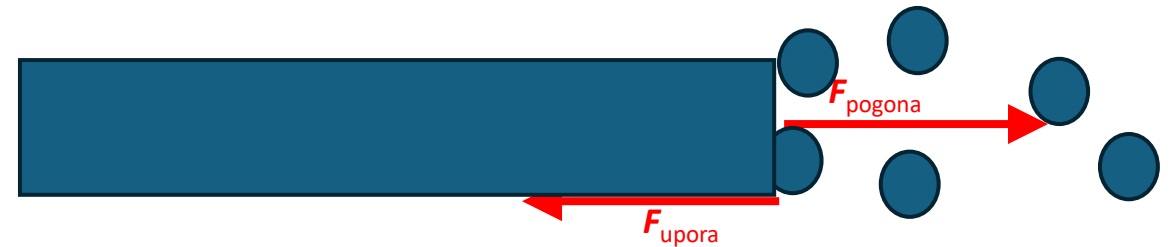
uj 

Sile na gibajoče se predmete v plinu

- Problem A: na vlak mečemo s perona vreče premoga



- Problem B: vlak zadeva vreče premoga, ki ležijo na tirih



S koliko silo mora motor poganjati vlak v obeh primerih?

Sile na gibajoče se predmete v tekočinah

Linearni zakon upora

- $F_{\text{upora}} = -bv$
- Sila med dvema ploskvama:

$$\frac{F}{S} = \frac{\eta v}{H}$$

- Sila na kroglo: $F = -6\pi\eta Rv$

Kvadratni zakon upora

- $F_{\text{upora}} = -\frac{1}{2}\rho v^2 C_D S$
- $\rho \rightarrow$ gostota tekočine, $S \rightarrow$ presek,
 $C_D \rightarrow$ koeficient upora

Sile na gibajoče se predmete v tekočinah

- Kdaj je linearna sila upora približno enaka kvadratni?
- $6\pi\eta Rv \approx \frac{1}{2}\rho v^2 C_D S$
- $\frac{\rho v R}{\eta} \approx 24$
- Prehod med linearnim in kvadratnim režimom nam definira Reynoldsovo število

$$\text{Re} = \frac{\rho v R}{\eta}$$

Reynoldsovo število

- $Re = \frac{\rho UL}{\eta}$
- $\rho \rightarrow$ gostota tekočine, $U \rightarrow$ hitrost, $L \rightarrow$ velikost predmeta, $\eta \rightarrow$ viskoznost
- Avto?
- Človek v vodi?
- Človek v medu?
- Bakterija?

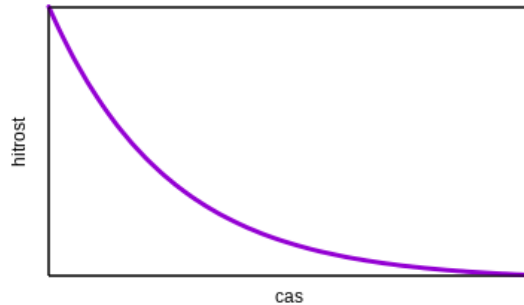
Poraba energije za gibanje

- Koliko energije porabimo za dano pot?
- $F_{\text{upora}} = -bv \rightarrow \text{poraba energije: } \frac{A}{s} = bv$
- $F_{\text{upora}} = -\frac{1}{2}\rho v^2 C_D S \rightarrow \text{poraba energije: } \frac{A}{s} = \frac{1}{2}\rho v^2 C_D S$

Kolikšen je premik objektov, če se nehajo poganjati?

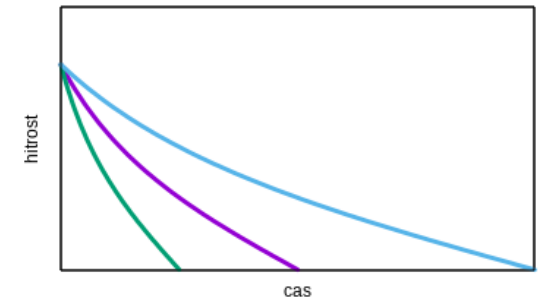
Paramecij

- Začetna hitrost $5 \mu\text{m/s}$
- Tipična velikost $R=30 \mu\text{m}$
- Viskoznost vode 1 mPa s
- Linearni koeficient upora $b = 6\pi\eta R$



Avto

- Začetna hitrost 100 km/h
- Tipična velikost 1 m
- $C_D = 0.33$
- $m=2000 \text{ kg}$
- Kotalna sila upora 100 N

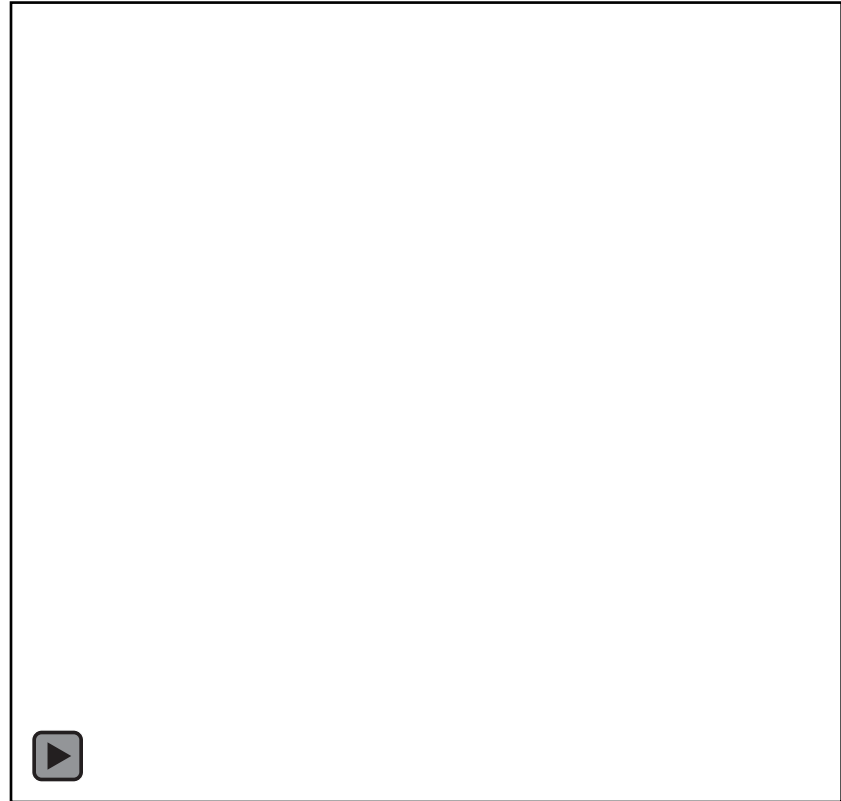
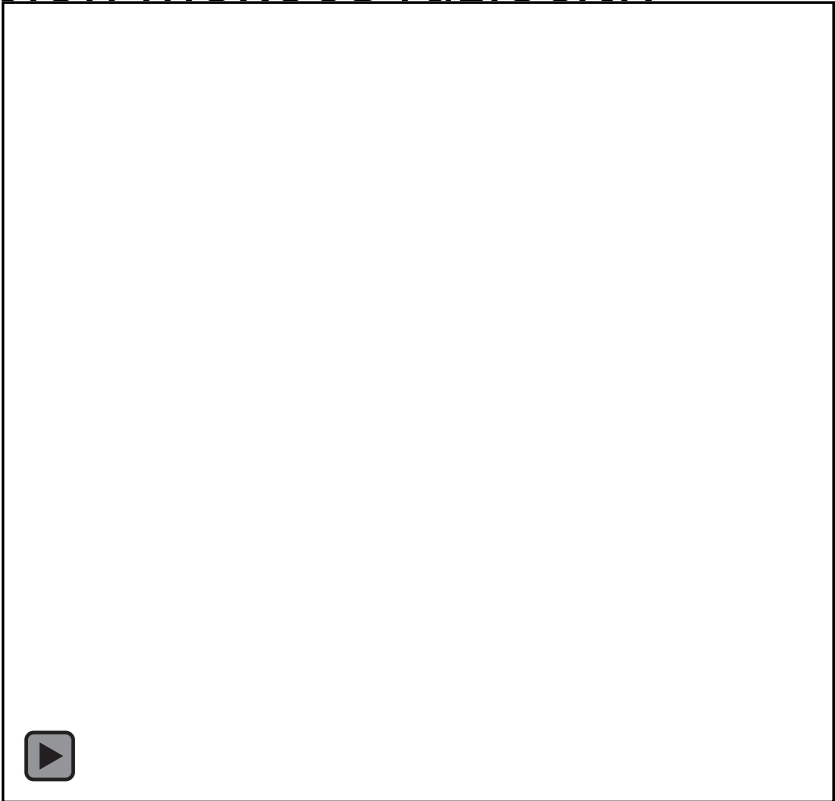


Plavanje mikroplavalcev

- Njihova hitrost se skoraj takoj uravnovesi, tako da je sila tekočine (upora) na mikroplavalca enaka sili gnanja
- Če na mikroplavalca ne delujemo z zunanjo silo, bo skupna sila tekočine tudi enaka 0

Simetrija na obrat časa

- Kateri posnetek se vrti naprej in kateri nazaj?
- Je to sploh mogoče razločiti?



Plavanje mikroplavalcev

- $Re \ll 1$
- Vsota vseh sil na mikroplavalca je nič
- Plavalni zamahi morajo biti asimetrični na obrat časa