

## I. LIGNJA

Glavnošći, među njima i obična lignja razvili su zanimljiv način kretanja u vodi. Radi se o nekoj vrsti mlaznog pogona - lignja iz šupljine u plaštu izbacuje vodu pod tlakom, što stvara potisnu silu, i posljedično dobije impuls u suprotnom smjeru. Vaš zadatak je opisati ovo gibanje pomoću jednostavnog modela.

- (i) Konceptualno pitanje. Nakon svakog izbačenog mlaza, lignja mora nadoknaditi izgublenu vodu usisavanjem jednake mase iz okoliša. Objasnite činjenicu da se nakon cijelog ciklusa lignja ipak pomakne s početne točke. Kosi li se to sa zakonom očuvanja impulsa?
- (ii) Nacrtajte dijagram sila na lignju, i napišite jednadžbu gibanja duž smjera izbacivanja mlaza. *Napomena:* gibanje ne mora biti horizontalno.
- (iii) Pokažite da je u slučaju konstantne brzine mlaza  $v_m$  sila potiska  $F_p = v_m q$ , pri čemu je  $q$  maseni protok u kg/s. Izraz za maseni protok možete dobiti dimenzionalnom analizom, ako znate da ovisi o brzini mlaza  $v_m$ , gustoći morske vode  $\rho$  i presjeku mlaznice  $A$ .
- (iv) Ako mlaz traje  $t=0.2$  s, kolika je konačna brzina lignje mase  $M_L=300$  g koja krene iz mirovanja? Kolika je prosječna brzina? Zanimarite gušenje i gravitaciju u ovom dijelu zadatka!  $A=0.3$  cm<sup>2</sup>,  $v_m=10$  m/s,  $\rho=1050$  kg/m<sup>3</sup>.  
( $v=2.1$  m/s,  $\bar{v}=1.05$  m/s)
- (v) Kad izbaci svu vodu, lignja se giba bez pogona, a na nju djeluje sila otpora proporcionalna kvadratu brzine (pretpostavite da gušenje djeluje samo kada nema pogonske sile!). Ako je sila otpora zadana kao  $F_o = 0.5C\rho A_L v^2$ , pri čemu je  $A_L$  presjek lignje, napišite jednadžbu gibanja.
- (vi) Kada zbog otpora dovoljno uspori, lignja opet izbaci mlaz i tako započinje novi ciklus. Skicirajte nekoliko takvih ciklusa gibanja, ako pretpostavite da svaki ciklus započinje iz mirovanja.
- (vii) Skicirajte gibanje u slučaju da ne zanemarimo gušenje za vrijeme izbacivanja mlaza (bez računala!).
- (viii) Riješite jednadžbu iz podzadatka (v). Nakon koliko vremena se lignja giba sporije od 10 cm/s?  $A_L=10$ cm<sup>2</sup>,  $C=0.5$ .  
( $t=10.9$  s)
- (ix) *Dodatni bod* Ako novi ciklus započinje kad brzina lignje padne ispod 10 cm/s, izračunajte i skicirajte put koji lignja prijeđe u svakom od dijelova gibanja. Kolika je prosječna brzina u drugom dijelu gibanja? Kolika je ukupna prosječna brzina?  
( $s_1=0.22$ m,  $s_{II}=19.37$ m,  $\bar{v}=1.77$ m/s)