

Vizsgáljuk  $v$  sebességgel mozgó koordináta-rendszerben a zsákok és a csónak mozgását! Itt a csónakok kezdetben nyugalomban vannak.

a) Ha a zsákokat egyszerre dobjuk ki  $\pm u$  sebességgel, akkor a középső csónak a rá ható ellentétes irányú, egyenlő nagyságú erőlkések miatt nyugalomban marad. A két szélső csónak sebessége  $(u_1, u_2)$  az impulzusmegmaradás tételéből számolható,

$$u_{1,2} = \pm \frac{m}{m+M} u.$$

Így a három csónak parthoz viszonyított sebessége rendre

$$v + \frac{m}{m+M} u, \quad v, \quad v - \frac{m}{m+M} u.$$

Numerikusan 1,08 m/s; 0,8 m/s; 0,514 m/s.

b) Az első zsák kidobása után jelölje a középső csónak sebességét  $v'$ , a zsákét  $v''$ . A zsákokat  $u$  sebességgel dobtuk ki, így

$$v'' - v' = u.$$

Az impulzusmegmaradás tétele miatt

$$(m+M)v' + mv'' = 0.$$

Innen

$$v' = -\frac{m}{2m+M} u, \quad v'' = \frac{m+M}{2m+M} u.$$

Az a csónak, amelyikbe ezt a zsákot átadjuk, ugyancsak az impulzusmegmaradás szerint

$$v_1 = \frac{mv''}{m+M} = \frac{m}{2m+M} u$$

sebességre tesz szert. A második zsákot  $-u$  sebességgel dobjuk ki, így ha  $u'$ -vel, illetve  $u''$ -vel jelöljük a középső csónak, illetve a zsák sebességét a zsák kidobása után, akkor

$$u'' - u' = -u.$$

Az impulzusmegmaradás tétele értelmében

$$(M+m)v' = Mu' + mu''.$$

Innen a középső csónak sebessége a második dobás után

$$u' = \frac{m^2}{(2m+M)(m+M)} u,$$

a zsáké

$$u'' = \frac{m^2 - (2m+M)(M+m)}{(2m+M)(m+M)} u.$$

Végül a harmadik csónakra írjuk fel az impulzusmegmaradás tételét:

$$mu'' = (m+M)v_3.$$

Innen

$$v_3 = \frac{m^3 - m(2m+M)(M+m)}{(2m+M)(m+M)^2} u.$$

Ha először előre dobtuk ki a zsákot a csónakból, akkor a csónakok parthoz viszonyított sebességét úgy kapjuk meg, hogy a számolt értékekhez hozzáadunk  $v$ -t. Ekkor a csónakok sebessége a haladásuk irányában rendre 1,05 m/s, 0,836 m/s, 0,519 m/s. Ha az első zsákot hátrafelé dobtuk, akkor a csónakok parthoz viszonyított sebessége a fenti képlettel számolt sebességeknél  $v$ -vel kevesebb. Parthoz viszonyított sebességük az előbbi sorrend szerint: 1,08 m/s, 0,764 m/s, 0,55 m/s.