



Tegyük fel, hogy amikor a kocsi megáll, akkor még rajta van az  $m$  tömeg a belelőtt  $m'$  tömegű lövedékkel együtt. Az impulzus megmaradásának törvényét felhasználva rögtön meghatározható a lövedék  $v'$  sebessége. Minthogy ilyen végállapot esetén nulla lesz az összimpulzus, ezért már kezdetben is nullának kellett lennie. Mivel a lövedék impulzusa  $m'v'$ , az  $M + m$  tömegé pedig  $(M + m)v$ , ezért

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

ebből

$$v' = -\frac{M + m}{m'}v.$$

Az ütközés utáni pillanatban a kocsi sebessége még mindig  $v$  lesz, mert a rugalmatlan ütközés az  $m$  és az  $m'$  tömeg között zajlik le pillanatszerűen, és a kocsi ennek hatását csak a közte és az  $m + m'$  tömeg között fellépő súrlódási erőn keresztül érzékeli. Az összeragadt  $m + m'$  tömeg  $w$  sebességét közvetlenül az ütközés utáni pillanatban szintén az impulzus megmaradásának törvénye alapján kaphatjuk meg:

$$mv + m'v' = (m + m')w,$$

ebből

$$w = \frac{M}{m + m'}v.$$

Mivel a jelen esetben az  $S = +\mu g(m + m')$  súrlódási erő független a súrlódó felületek sebességétől, ezért a mozgás leírását két független részfeladatra bonthatjuk. Vizsgáljuk meg először, hogy mekkora utat tesz meg a  $w$  kezdősebességű  $m + m'$  tömeg álló felületen, ahol persze ugyanolyan a  $\mu$ . Az energia megmaradásának törvénye alapján ez az út egyenlő azzal az úttal, amely alatt a mozgási energia teljesen átalakul súrlódási munkává, azaz

$$S \cdot l_1 = \frac{1}{2}(m + m')w^2,$$

ebből

$$l_1 = \frac{1}{2\mu g} \left( \frac{M}{m + m'} \right)^2 v^2.$$

Az  $m + m'$  tömeg lefékeződésének ideje alatt a súrlódási erő  $-S$  ellenerejének a hatására persze a kocsi is lefékeződik, de eközben maga is elmozdul. Ennek az elmozdulásnak a nagysága az előzőhöz hasonlóan az energia megmaradásának törvénye alapján határozható meg:

$$S \cdot l_2 = \frac{1}{2}Mv^2,$$

ebből

$$l_2 = \frac{1}{2\mu g} \cdot \frac{M}{m + m'}v^2.$$

A kocsinak nyilvánvalóan  $l_1 + l_2$  hosszúnak kell lennie, mert a kocsi hátsó széle ebben az esetben fog ugyanabban a pontban megállni, ahol az  $m + m'$  tömeg. Tehát a kocsi minimális hossza:

$$L = l_1 + l_2 = \frac{1}{2\mu g} \cdot \frac{M(M + m + m')}{(m + m')^2}v^2.$$

Ha a lövedék  $v'$ -nél kisebb sebességgel érkezik, akkor a kocsi nem fékeződik le teljesen, mert a mozgási energiája elegendő az  $m + m'$  tömeg sebességének a megfordításához, és így az egész rendszer csökkent sebességgel, de együtt halad tovább.

*Kálmos Éva* (Hódmezővásárhely, Bethlen G. Gimn., II. o. t.)

*Megjegyzés.* A kocsi megállását: tetszőleges  $v'$ -nél nagyobb sebesség esetén is el lehet érni, ha a kocsi elég rövid, és az  $m + m'$  akkor esik le róla, amikor a kocsi sebessége éppen nulla.

*Kádas Sándor*