

Egy test akkor végez munkát egy másik testen, ha valamely erővel azt az erő irányában saját magához viszonyítva elmozdítja. Ha az elmozdulás (pl. más erők hatására) nem az erő irányában, hanem ellentétesen történik, akkor a testen végez munkát az általa kifejtett erő reakció ereje, hiszen most a másik test szempontjából teljesül a munkavégzés feltétele. Ilyen esetben beszélhetünk arról is, hogy a test negatív munkát végez: energiát nyer.

Jelen esetben 3 erő működik.

1. A hengerkereket fékező erő. Tekintettel arra, hogy az ember nem gyorsul, az ember állandóan  $G$  súlyával húzza a kötelet, így a fékező erő ellenében (mivel süllyed) mindig  $G \cdot l$  munkát végez  $l$  elmozdulás esetén. Tehát a fékező erő mindig  $G \cdot l$  negatív munkát végez.

2. Az ember, mivel nem gyorsul, állandó  $G$  erővel húzza lefelé a kötelet. Ha a kötélt az emberhez viszonyítva elmozdul lefelé (azaz az ember felfelé mászik), pozitív, ellenkező esetben (lefelé mászás) negatív munkát végez az ember.

3. Nehézségi erő hat az emberre lefelé. Ha az ember a gravitációs térben süllyed, pozitív, ellenkező esetben negatív munkát végez.

Nézzük meg ezután, hogyan állunk az energiamegmaradással. Mivel mozgási energia-változás (sebességváltozás) nincs, a fékező – ember – föld rendszer egyes tagjai által végzett munkák (teljesítmények) összegének kell 0-nak lennie. Legyen a kötélt sebessége (lefelé)  $c_k$ , az ember sebessége a kötéltől viszonyítva  $c$ , amely pozitív, ha az ember felfelé mászik, ellenkező esetben negatív. Ekkor az ember földhöz viszonyított lefelé irányuló sebessége  $c_k - c$ . (Ha ez negatív, emelkedést jelent.)

Így a fékezőerő teljesítménye:  $-Gc_k$ , az emberé  $Gc$ , a gravitációs téré:  $G(c_k - c)$ .

Ezek összege valóban zérus:  $-Gc_k + Gc + G(c_k - c) = G(-c_k + c + c_k - c) = 0$ .

A sebességek konkrét értékeit beírva így azonnal áttekinthetjük az egyes eseteket. Pl. az első esetben:  $c = c_k$ . Ekkor a fékezőerő  $-Gc$ , az ember  $+Gc$ , a gravitációs tér 0 munkát végez.

*Ordódy Márton* (Bp., Piarista g. II. o. t.) dolgozata alapján.