

Megoldás. a) Jelöljük a fiú tömegét m -mel, a hiányzó magasságot h -val, a guggolás mélységét pedig s -sel!

Elrugaszkodás közben s úton F erőt fejt ki a fiú, az eközben végzett $W = Fs$ munka a fiú helyzeti (magassági) energiáját növeli a megállás pillanatáig:

$$Fs = mg(s + h).$$

Innen kapjuk, hogy a talajra kifejtett erő

$$F = mg \frac{h + s}{s} = 1325 \text{ N}.$$

b) A fiú tömegközéppontja – állandó nagyságú külső erő hatására – az elrugaszkodás közben egyenletesen gyorsul. Gyorsulásának a nagysága az $F - mg = ma$ mozgásegyenletből számolható:

$$a = \frac{F - mg}{m} = \frac{h}{s} g = 12,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Ekkora gyorsulással a súlypont

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = s \sqrt{\frac{2}{gh}} = 0,25 \text{ s}$$

idő alatt emelkedik s magasságba, a fiú átlagteljesítménye tehát

$$P_{\text{átlag}} = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} \approx 2,1 \text{ kW}.$$

Megjegyzések. 1. Érdekes kérdés, hogy milyen erő gyorsítja fel a fiút, és hogy hol történik a munkavégzés. A fiú által a talajra kifejtett erő a tömegközéppontjának elmozdulásával ellentétes irányú, ennek az erőnek a munkavégzése tehát nem lehet pozitív. A talaj által a fiú cipőtalpára kifejtett, függőlegesen felfelé mutató erő sem végez munkát, hiszen az elrugaszkodás közben a cipő nem mozdul el a talajhoz képest. A tényleges munkát a fiú kiegyenesedő lábának izomzata végzi. Ennek a – belső erőkből származó – munkának a nagysága azonban úgy számolható, mintha a talaj által a fiúra kifejtett külső erő a fiú tömegközéppontjában hatna. A munkavégzés a tömegközéppont függőlegesen felfelé történő s távolságnyi elmozdulásának és az ugyancsak függőlegesen felfelé ható „talajerőnek” a szorzata.

2. A feladat megoldása során feltételeztük, hogy a mechanikai energia a mozgás során állandó marad. Ez szigorúan véve nem teljesül, hiszen az elrugaszkodás során rugalmatlan ütközésnek tekinthető folyamatok is végbemennek. Az elrugaszkodás folyamatának végefelé például a fiú testének legnagyobb része már mozgásban van, a lábfeje azonban még mozdulatlan; testének különböző részei tehát egymáshoz képest is mozognak. Amikor a fiú teljesen elszakad a talajtól, akkor a testének minden része ugyanakkora sebességgel emelkedik, a tastrészek relatív mozgása megszűnik. Ez az állapot csak rugalmatlan kölcsönhatásokban alakulhat ki, amely a mechanikai energia csökkenésével jár együtt.

(G. P.)