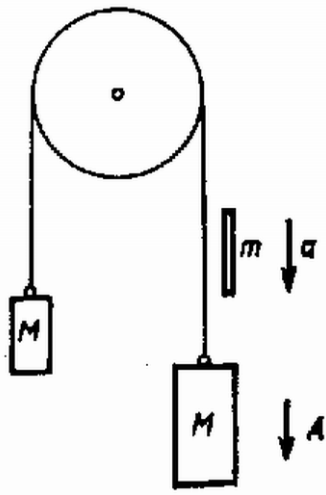


A mozgás első,  $t_1$  ideig tartó szakasza egy rugalmatlan ütközés. Mivel  $t_1$  nem tekinthető nullának, így nem hanyagolható el az ütközés közben a testekre ható külső erők, és nem hanyagolható el a testek elmozdulása.  $t_1$  idő alatt a rúd a tartályhoz képest megáll, utána a testek azonos gyorsulással mozognak.

Legyen  $S$  a homok és a rúd között ható (ismert nagyságú) súrlódási erő,  $K$  a kötélereő,  $A$  az  $M$  tömegű test és a nyilván ugyancsak  $M$  tömegű homoktartály,  $a$  az  $m$  tömegű rúd gyorsulása.



Ekkor  $t < t_1$  esetén a következő mozgásegyenletek érvényesek:

$$\begin{aligned} (1) \quad & ma = mg - S, \\ (2) \quad & MA = K - Mg, \\ (3) \quad & MA = Mg - K + S. \end{aligned}$$

Ezekből a tartály gyorsulása  $A = S/(2M)$ , elmozdulása

$$(4) \quad s = (1/2)At^2 = [S/(4M)]t^2.$$

$t_1$ -et abból a feltételből határozhatjuk meg, hogy a  $t_1$  időpillanatban a tartály és a rúd sebessége azonos:

$$(5) \quad At_1 = v_0 + at_1,$$

ahol  $v_0 = \sqrt{2gh}$  a rúd sebessége abban a pillanatban, amikor eléri a homok felszínét.  $a$  és  $A$  értékét beírva, (5)-ből  $t_1$ -et kiszámíthatjuk:

$$(6) \quad t_1 = \frac{2mMv_0}{S(m + 2M) - 2mMg}.$$

Ez az eredmény csak akkor értelmes, ha  $t_1 > 0$ , azaz  $S > 2Mmg/(2M + m)$ . Ellenkező esetben a súrlódás olyan gyenge, hogy a rúd a nehézségi erő hatására tovább gyorsul a homokhoz képest, eléri a tartály alját, és így tárgyalásunk érvényét veszti.

A  $t = t_1$  időpontban a tartály sebessége és elmozdulása  $v_1 = At_1$  és  $s_1 = (1/2)At_1^2$ . Ha  $t > t_1$ , a következő mozgásegyenletek érvényesek (a homoktartály és a rúd egyetlen merev testet alkot).

$$\begin{aligned} (7) \quad & (M + m)A' = (M + m)g - K, \\ (8) \quad & MA' = K - Mg, \end{aligned}$$

ahol  $A'$  a testek azonos gyorsulása. Innen

$$(9) \quad A' = \frac{m}{2M + m}g,$$

a tartály elmozdulása pedig

$$(10) \quad s = s_1 + v_1(t - t_1) + (1/2)A'(t - t_1)^2.$$

A részeredmények behelyettesítésével  $s$  a tömegek,  $S$  és  $v_0$  (vagy  $h$ ) függvényében meghatározható.