

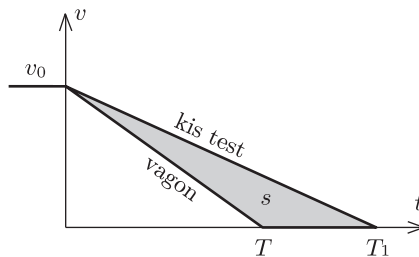
**I. megoldás.** Írjuk le a szerelvény és a kisméretű test mozgását a vasúti töltéshez viszonyítva, tehát inerciarendszerből!

A fékező szerelvény sebessége  $T$  idő alatt egyenletesen csökken a kezdeti  $v_0$  értékről nullára (1. ábra), így a vagon gyorsulása

$$a_{\text{vagon}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = -\frac{v_0}{T}.$$

A kisméretű testre ható  $S$  súrlódási erő nagysága legfeljebb  $\mu mg$  lehet (ha  $m$  a test tömege), így a gyorsulásának nagysága

$$|a_{\text{test}}| = \frac{S}{m} \leq \mu g.$$



1. ábra

Ha

$$|a_{\text{vagon}}| \leq \mu g, \quad \text{vagyis} \quad \mu \geq \frac{v_0}{gT},$$

akkor a kis test a vagonnal együtt lassul, a platón tehát egyáltalán nem mozdul el. Ha viszont a súrlódási tényező kisebb, mint a „kritikus”  $\mu_0 = \frac{v_0}{gT}$  érték, a kis test megcsúszik a vagon platóján, sebessége  $v(t) = v_0 - \mu g t$  módon egyenletesen csökken, és

$$T_1 = \frac{v_0}{\mu g}$$

idő alatt a kisméretű test megáll (lásd az ábrát). Ebben az esetben nyilván fennáll  $T_1 > T$ .

A fékezés kezdetétől a kis test megállásáig a vagon

$$s_{\text{vagon}} = \frac{1}{2} v_0 T,$$

a kisméretű test pedig

$$s_{\text{test}} = \frac{1}{2} v_0 T_1$$

utat tesz meg, a platóhoz képest tehát

$$s = s_{\text{test}} - s_{\text{vagon}} = \frac{1}{2} v_0 (T_1 - T) = \frac{v_0^2}{2\mu g} - \frac{v_0 T}{2}$$

lesz az elmozdulása. Ez az elmozdulás az ábráról is leolvasható, mint a sötétebben jelölt háromszög területe.

A mozgás ideje a korábban már megadott  $T_1 = \frac{v_0}{\mu g}$ .

*Megjegyzés.* A megoldás során feltételeztük, hogy a plató elég hosszú, illetve hogy a szerelvény vízszintesen, egyenes pályán mozog.

**II. megoldás.** Írjuk le a kisméretű test mozgását a vagonhoz viszonyítva, tehát (a mozgás első szakaszában) lassuló rendszerből!

A mozgás két részre bontható. Az első szakaszban, amíg a vagon még mozgásban van, a kis testre

$$F_t = m |a_{\text{vagon}}| = m \frac{v_0}{T}$$

nagyságú, a vagon mozgásirányához viszonyítva „előre” mutató *tehetetlenségi erő* hat. Emellett fellép egy „hátrafelé” ható, legfeljebb  $S_{\text{max}} = mg\mu$  nagyságú súrlódási erő is.

Amennyiben a súrlódás elegendően nagy, a kis testet a tehetetlenségi erő nem tudja megmozdítani, az tehát egyáltalán nem mozdul el a platón. Ennek feltétele:

$$mg\mu \geq m \frac{v_0}{T}, \quad \text{azaz} \quad \mu \geq \frac{v_0}{gT}.$$

Ha a súrlódási tényező nem elegendően nagy, a kis test a vagon fékezésekor mozgásba jön, és  $t_1 = T$  idő alatt  $a_1$  gyorsulással  $v_1 = a_1 T$  sebességre gyorsul fel. A gyorsulás nagyságát az  $F_t - S_{\max} = ma_1$  mozgásegyenletből számíthatjuk ki:

$$a_1 = \frac{v_0}{T} - \mu g,$$

és ennek megfelelően a kis test legnagyobb sebessége:

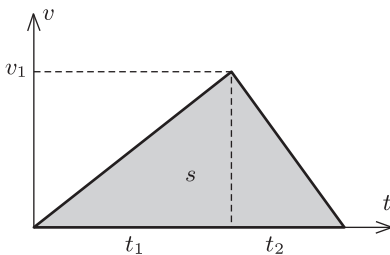
$$v_1 = v_0 - \mu g T.$$

(A súrlódási együtthatóra vonatkozó feltétel miatt  $v_1 \geq 0$ .)

A mozgás további részében, amikor a vonat már áll, tehetetlenségi erő nem lép fel, a kis test mozgását tehát csak a súrlódási erő fékezi. A mozgás  $a_2 = -\mu g$  lassulásnak megfelelő egyenletesen változó mozgás, a test sebessége tehát

$$t_2 = \frac{v_1}{|a_2|} = \frac{T a_1}{\mu g} = \frac{v_0}{\mu g} - T$$

idő alatt csökken nullára (2. ábra).



2. ábra

A kisméretű test összesen

$$t_1 + t_2 = T + \left( \frac{v_0}{\mu g} - T \right) = \frac{v_0}{\mu g}$$

ideig mozog, és (mint az a 2. ábráról is leolvasható)

$$s = \frac{v_1(t_1 + t_2)}{2} = \frac{v_0^2}{2\mu g} - \frac{v_0 T}{2}$$

utat tesz meg a platón.