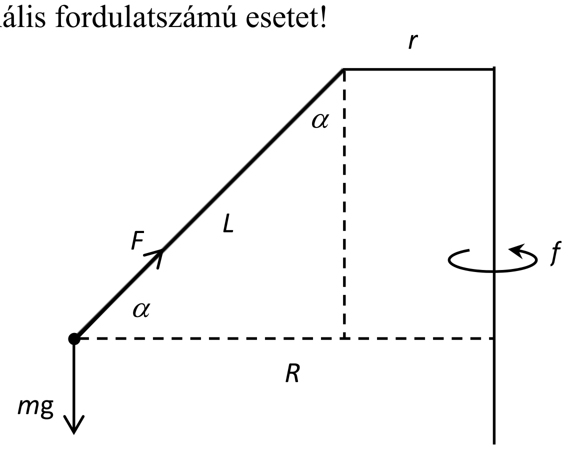
36. Mikola verseny 2. fordulójának megoldásai
I. kategória, Gimnázium 9. évfolyam

1)

Adatok: $\alpha = 45°$, $L = 5$ m, $r = 2$ m, $M = 100$ kg.

a) Vizsgáljuk a maximális fordulatszámú esetet!



Az egyenletes körmozgás dinamikai alapegyenletét az emberre alkalmazva:

$$F_e = Ma_{cp} = MR(2\pi f)^2.$$

Az emberre ható erők eredője (a 45°-os szög miatt): $F_e = Mg$.

A két egyenletből a maximális fordulatszám:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{R}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{r + L \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}} \approx 0{,}214\ \frac{1}{\mathrm{s}} = 12{,}84\ \frac{1}{\mathrm{min}}.$$

b) Az ember helyzeti és mozgási energiája is növekszik:

$$\Delta E = Mgh + \frac{1}{2}Mv^2,$$

$$\Delta E = MgL\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{2}M\left(2\pi f\left(r + L \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\right)\right)^2,$$

$$\Delta E = 4231\ \mathrm{J}.$$

c) Maximális fordulatszám esetén a láncot feszítő erő:

$$F = \sqrt{2}Mg.$$

A lánc teherbírása legalább: $F_{min} = 5\sqrt{2}\mathrm{Mg} \approx 7070$ N.

2)

a)

A két tégla együtt gyorsul, mintha egy test lenne: $\sum F = ma$,

$$F - \mu 2mg = 2m \cdot a\,,$$

$$F = 2m \cdot a + \mu 2mg = 2m(a + \mu g) = 36\ \mathrm{N}\,.$$

b)

A felső téglát csak a tapadási erő gyorsítja:

$F_{\mathrm{tap}} = ma = 6\ \mathrm{N}$, de $F_{\mathrm{tap}} \le F_{\mathrm{tmax}} = \mu_0 mg \;\Rightarrow\; 6\ \mathrm{N} \le \mu_0 \cdot 30\ \mathrm{N} \Rightarrow \mu_0 \ge 0{,}2$.

c)

Mivel három tégla esetén a gyorsulás csak kisebb lehet, a rendszer együtt fog mozogni.

$$\sum F = ma\,,$$

$$F - \mu 3mg = 3m \cdot a\,,$$

$$a = \frac{F - \mu 3mg}{3m} = 0\,.$$

Ha a rendszer kezdetben nyugalomban volt, úgy is marad, ha már mozgott v sebességgel, az F erő hatására azt megtartja. (F erő hiányában a súrlódás megállította volna.)

d)

Mivel a rendszer dinamikailag egyensúlyi állapotban van, a 2. és 3. téglára vízszintes irányban a testre ható erők eredője 0, az egyes téglák között semmilyen súrlódási erő nem lép fel. Nem kell, hogy fellépjen tapadási erő sem.

3)

Adatok: L = 1,25 m, m = 1 kg, M = 4 kg, μ = 0,2, μ_0 = 0,3, v_0 = 3 m/s.

a) $$v = \sqrt{v_0^2 - 2as} = \sqrt{v_0^2 - 2\mu g L} = 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

b) Alkalmazzuk a lendület-megmaradás törvényét:

$$v_k = \frac{m}{M+m} \cdot v_0 = 0{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

c) A rugó legnagyobb megmaradó összenyomódásakor a rugóban ébredő rugalmas erő megegyezik a tapadási erő maximumával:

$$D \cdot \Delta l = \mu_0 (M+m) g.$$

Írjuk fel a munkatételt az (M + m) testre, amikor a rugó összenyomódik, majd vegyük figyelembe a fenti sort:

$$\sum W = \Delta E_{\mathrm{mozg.}},$$

$$-\mu (M+m) g \Delta l - \frac{1}{2} D \Delta l^2 = -\frac{1}{2}(M+m) v_{\mathrm{k}}^2,$$

$$-\mu (M+m) g \Delta l - \frac{1}{2} \mu_0 (M+m) g \Delta l = -\frac{1}{2}(M+m) v_{\mathrm{k}}^2.$$

A keresett Δl legnagyobb megmaradó összenyomódás már könnyen kiszámolható:

$$\Delta l = \frac{v_{\mathrm{k}}^2}{g \cdot (2\mu + \mu_0)} \approx 2{,}3\ \mathrm{cm}.$$

d) Most már a rugóállandó értéke könnyen számolható:

$$D \cdot \Delta l = \mu_0 (M+m) g \ \Rightarrow\ D = \frac{\mu_0 (M+m) g}{\Delta l} = 656{,}25\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} = 656\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

4)

a)

Megoldás impulzussal:

Az ütközést úgy képzeljük el, hogy az érintkezés után a test deformálódik (I. fázis), majd ez a deformáció az ütközés II. fázisában tejesen visszaalakul és az érintkezés megszűnik, a lemez továbbra is u sebességgel mozog. A testre mindkét fázisban erő hat, ez hozza létre a test impulzusának megváltozását.

A test impulzusának megváltozása az I. fázisban: $\left(m\vec{u} - m\vec{v}\right) < 0$, ahol v a test ütközés előtti sebessége.

A test impulzusának megváltozása az II. fázisban: $m\vec{w} - m\vec{u} < 0$, ahol w a keresett sebesség.

Mivel az ütközés rugalmas, a kétféle impulzusváltozás megegyezik:

$$m\vec{u} - m\vec{v} = m\vec{w} - m\vec{u} \;\; \rightarrow \;\; \vec{w} = 2\vec{u} - \vec{v}$$

Felhasználva, a $\vec{v}$ kezdeti sebesség ellentétes irányú $\vec{u}$-val, az ütközést követően a test sebessége a talajhoz rögzített vonatkoztatási rendszerben:

$$w = 2u + v.$$

Megoldás munkatétellel:

A test és a merev lemez nem alkot zárt mechanikai rendszert; az ütközés tartama alatt a lemezre külső erő hat, mivel a testre ható erő visszahat. A testre hat *F*, így a lemezre visszahat –*F* erő. Ezt kell kompenzálja a külső erő, így annak is *F*-nek kell lennie. Legyen az ütközés időtartama kicsi Δt. Alkalmazzuk a munkatételt:

$$\sum W = \Delta E_{\text{mozgási}},$$

$$\frac{1}{2}m\left(\vec{w}^2 - \vec{v}^2\right) = \vec{F}\vec{u}\Delta t.$$

Felhasználva, hogy $\vec{F} = m \cdot \dfrac{\vec{w} - \vec{v}}{\Delta t}$:

$$\frac{1}{2}m\left(\vec{w}^2 - \vec{v}^2\right) = m \cdot \frac{\vec{w} - \vec{v}}{\Delta t}\vec{u}\Delta t.$$

Ezt rendezve, szintén $\vec{w} = 2\vec{u} - \vec{v}$ adódik. Felhasználva, a $\vec{v}$ kezdeti sebesség ellentétes irányú $\vec{u}$-val, az ütközést követően a test sebessége a talajhoz rögzített vonatkoztatási rendszerben:

$$w = 2u + v.$$

b)

Az a) feladatrészt felhasználva az 1. ütközést követően a test sebessége:

$$w_1 = 2u + u = 3u.$$

A 2. ütközést követően a test sebessége:

$$w_2 = 2u - 3u = -u.$$

36. Mikola verseny 2. fordulójának megoldásai
II. kategória, Gimnázium 10. évfolyam

1)
Adatok: m = 1 kg, $h = l_0$ = 1 m, d = 1 m.

a) Jelölje α a gumiszál függőlegessel bezárt szögét abban a pillanatban, amikor a test megemelkedik a talajról. Ekkor a gumiszál által kifejtett erő függőleges komponense egyenlő a testre ható nehézségi erővel:

$$D \cdot \Delta l \cdot \cos\alpha = mg, \quad \text{ahol}$$

$$\Delta l = \frac{h}{\cos\alpha} - h \quad \text{és} \quad \alpha = 45°.$$

A két egyenletből:

$$(1) \quad D = \frac{mg}{h(1-\cos\alpha)} = 34{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

b) A gumiszál által kifejtett erő vízszintes komponense ebben a pillanatban egyenlő az általunk kifejtett F erővel:

$$F = D \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha = D \cdot \left(\frac{h}{\cos\alpha} - h\right) \cdot \sin\alpha = mg \cdot \mathrm{tg}\alpha = mg.$$

Az utolsó összefüggés az erőkomponensek közötti kapcsolatokból is következik. Így tehát:

$$F = mg = 10\ \mathrm{N}.$$

c) A végzett munka egyenlő a gumiszálban felhalmozódó rugalmas energiával:

$$W = \frac{1}{2} D (\Delta l)^2 = \frac{1}{2} D \left(\frac{h}{\cos\alpha} - h\right)^2 = 2{,}9\ \mathrm{J}.$$

d) Ha a test mindig a talajon marad, akkor bármely α esetén:

$$D \cdot \Delta l \cdot \cos\alpha < mg.$$

Az (1) összefüggés alapján:

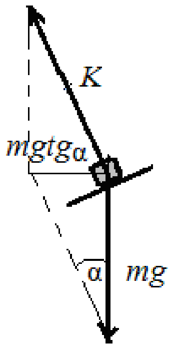
$$D < \frac{mg}{h(1-\cos\alpha)}.$$

Mivel az fenti egyenlőtlenségnek bármely α hegyesszög esetén fenn kell állnia (tehát a tört legkisebb értéke esetén is), figyelembe véve a koszinusz függvény értékkészletét:

$$D < \frac{mg}{h} = 10\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}.$$

2)

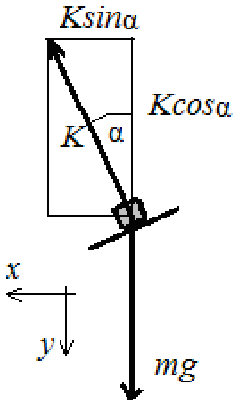
a) Akkor nem csúszik meg a test a lejtőn, ha gyorsulása megegyezik a lejtő gyorsulásával, a-val. A rá ható erők eredője egyrészt ma, másrészt (az ábra alapján) $mg\mathrm{tg}\alpha$, vagyis a lejtőt $a = g\mathrm{tg}\alpha$ gyorsulással kell mozgatni.

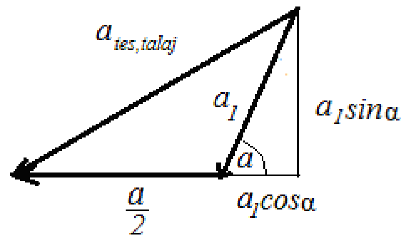


b) A mozgásegyenletet koordinátás alakban használjuk. Az ábra szerinti vízszintes és függőleges irányokkal. A test lejtőhöz képesti gyorsulása legyen a_1. Alkalmazzuk a Galilei-féle relativitási elvet. Így

$K\sin\alpha = m(a_1\cos\alpha + a/2)$ (1)

$mg - K\cos\alpha = ma_1\sin\alpha$ (2)

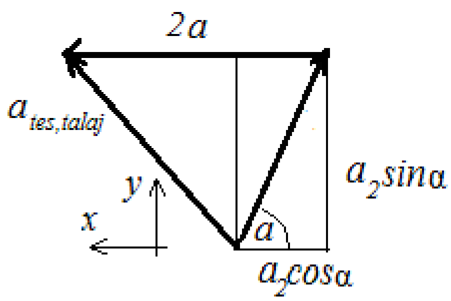




(1)-ből K-t kifejezve, és (2)-be helyettesítve, egyszerűsítés és rendezés után $\dfrac{\sin^2\alpha + \cos^2\alpha}{\sin\alpha} \cdot a_1 = g - \dfrac{a}{2} \cdot \dfrac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$.

Felhasználva, hogy $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$, és beírva $a = g\mathrm{tg}\alpha$-át, adódik: $a_1 = \dfrac{1}{2} g \sin\alpha$.

A másik esetben a lejtőhöz képesti gyorsulás legyen a_2, y pozitív iránya pedig az előzővel ellentétes. Ezzel az egyenletek



$K\sin\alpha = m(2a - a_2\cos\alpha)$ (3)

$K\cos\alpha - mg = ma_2\sin\alpha$ (4)

Az előző esetben használt lépések után:

$a_2 = g\sin\alpha$, tehát $a_2 = 2a_1$.

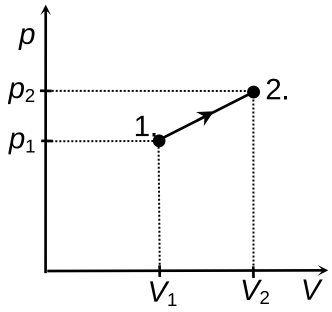
A négyzetes úttörvény szerint $s = at^2/2$, a két esetben az utak megegyeznek, a gyorsulások viszonya miatt $t_1^2 = 2t_2^2$, vagyis a keresett arány $t_1 : t_2 = \sqrt{2} \approx 1{,}41$.

3)

a) Legyen a dugattyú elmozdulása *x*! A gáz kezdeti nyomása a rugó nyújtatlan állapota miatt $p_1 = p_0$. A végállapotban a nyomás a dugattyú egyensúlya miatt $p_2 = p_0 + \frac{Dx}{A}$.

A végső térfogat: $V_2 = V_1 + Ax$.

Ábrázoljuk a folyamatot $p - V$ diagramon!



A gáz által végzett munka: $W^* = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1)$.

$$W^* = \frac{p_0 + p_0 + \frac{Dx}{A}}{2} \cdot Ax$$

$$W^* = p_0 \cdot Ax + \frac{1}{2} Dx^2.$$

Ezt *x*-re rendezve: $x^2 + \frac{2p_0 A}{D} x - \frac{2W^*}{D} = 0.$

Az adatokat beírva: $x^2 + x - 0{,}24 = 0.$

Ebből a dugattyú elmozdulása: $\boxed{x = 0{,}2 \text{ m.}}$

b) A gáz nyomása a végállapotban: $p_2 = p_0 + \frac{Dx}{A} = 1{,}4 \cdot 10^5$ Pa.

A gázzal közölt hő: $Q = 3{,}5 W^* = 840$ J.

A belső energia megváltozása: $E_2 - E_1 = Q - W^* = 600$ J.

A belső energia változása a térfogatokkal és nyomásokkal kifejezve:

$$E_2 - E_1 = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1),$$

$$\frac{2}{3}(E_2 - E_1) = p_2 (V_1 + Ax) - p_1 V_1,$$

$$V_1 = \frac{\frac{2}{3}(E_2 - E_1) - p_2 Ax}{p_2 - p_1},$$

$$V_1 = \frac{400\,\text{J} - 1{,}4 \cdot 10^5\ \text{Pa} \cdot 10^{-2}\ \text{m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-1}\ \text{m}}{0{,}4 \cdot 10^5\ \text{Pa}},$$

$$\boxed{V_1 = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3 = 3\ \text{dm}^3.}$$

c) A gáz térfogata a végállapotban: $V_2 = V_1 + Ax = 5\ \text{dm}^3.$

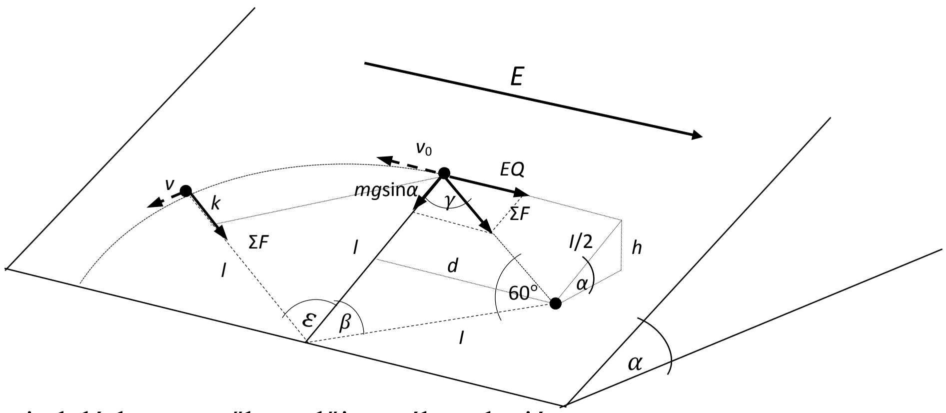
Az egyesített gáztörvényből: $\boxed{\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{1{,}4 \cdot 10^5\ \text{Pa} \cdot 5\ \text{dm}^3}{10^5\ \text{Pa} \cdot 3\ \text{dm}^3} = \frac{7}{3}.}$

4)

a) A mozgás minden időpillanatában a lejtőre merőleges erők eredője zérus, így:

$$F_\text{k} = mg \cos\alpha.$$

Azaz a mozgást befolyásoló erők: $mg \sin\alpha$ a gravitációs erő lejtővel párhuzamos komponense, EQ elektromos erő és a feladat c/ részében a fonálerő.



Az induláskor az erők eredője az ábra alapján:

$$\Sigma F = \sqrt{(mg \sin\alpha)^2 + \left(\frac{mg}{Q}\frac{\sqrt{3}Q}{2}\right)^2} = mg, \text{ így } a_\text{i} = \frac{mg}{m} = g.$$

A test az eredő irányába mozog, ami a fonál eredeti helyzetével γ szöget zár be:

$$\cos\gamma = \frac{mg \sin\alpha}{mg} = \frac{1}{2}, \ \gamma = 60°.$$

A fonál megfeszülésekor egyenlő szárú háromszög keletkezik, ahol az alapon lévő szögek megegyeznek, ezért a fonál szögelfordulása:

$$\beta = 60°.$$

b) Az elektromos térerősség irányába az elmozdulás az ábra alapján:

$$d = l \cos 60° = l\,\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Ezért az elektromos mező munkája: $W_e = \frac{mg}{Q} \frac{\sqrt{3}Q}{2} l \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3}{4} mgl$.

A függőleges elmozdulás az ábra alapján: $\sin\alpha = \frac{h}{l/2}$, amelyből, $h = \frac{1}{4} l$.

A gravitációs mező munkája: $W_g = mgh = \frac{1}{4} mgl$.

A két mező által végzett munka aránya: $W_e : W_g = 3$.

A mozgásra a munkatételt alkalmazva: $\Sigma W = \Delta E_{kin}$,

$$\frac{3}{4} mgl + \frac{1}{4} mgl = \frac{1}{2} mv^2 - 0,$$

$$v^2 = \sqrt{2gl}, \text{ így } v = 3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

c) A lejtő síkjában a test egy homogén és konzervatív erőtérben mozog (a fonálerő munkája zérus).
A test sebessége akkor minimális, amikor a sebesség az erők eredőjére merőleges, azaz ebben a helyzetben a fonál párhuzamos a konzervatív erők eredőjével, így az ábra alapján:

$$\varepsilon = \gamma = 60°.$$

Természetesen a részerők elemzésével is eljutunk az eredményhez, ha felhasználjuk, hogy az adott helyen az érintő irányú erők eredője zérus.
A sebesség meghatározásához a munkatételt az eredővel célszerű felírni, és felhasználhatjuk a konzervatív voltát, valamint, hogy a fonálerő munkája végig zérus.

$$W_{\Sigma F} = \Delta E_{kin.},$$

$$-\Sigma F \cdot k = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2.$$

Az ábra alapján:

$$k = l - l\cos\varepsilon = l - l\cos 60°,$$

$$k = \frac{1}{2} l,$$

$$-mg\frac{1}{2} l = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2,$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - gl},$$

$$v = 2{,}12\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

36. Mikola verseny 2. fordulójának megoldásai
III. kategória, Szakgimnázium 9. évfolyam

1)
A pontszerű test x-, és y irányú elmozdulása egyenlő: x = y,

$$v_0 t = \frac{g}{2} t^2.$$

Így a mozgás ideje: $t = \frac{2v_0}{g} = 0{,}4\ \mathrm{s}$.

A lejtő magassága: $h = y = \frac{g}{2} t^2 = 0{,}8\ \mathrm{m}$.

2)
a) A bemerülés mértéke legyen y.
Az úszó test egyensúlyban van, a rá ható nehézségi-, és felhajtóerő egyenlő nagyságú:

$$A_2 h \rho_{\text{test}} \cdot g = A_2 y \rho_{\text{víz}} \cdot g$$

Az egyszerűsítések után:

$$y = \frac{\rho_{\text{test}}}{\rho_{\text{víz}}} \cdot h = 14\ \mathrm{cm}.$$

b) A többlet-bemerülésből származó felhajtóerő egyenlő a testre ható gravitációs erővel:

$$mg = A_2 (h - y) \rho_{víz} \cdot g \ \rightarrow\ m = 15\ \mathrm{kg}.$$

c) A test süllyedése (Δy_2) és a vízszintemelkedés (Δy_1) együttes mértéke y^*: $y^* = \Delta y_1 + \Delta y_2$.

Másrészt $(A_1 - A_2) \cdot \Delta y_1 = A_2 \Delta y_2$.

A két egyenletből álló egyenletrendszert megoldva: $\Delta y_1 = 1{,}5\ \mathrm{cm}$, ($\Delta y_2 = 4{,}5\ \mathrm{cm}$).

3)

Legyen a földszint és a legfelső emelet között a lift által megtett út *s*, így a lépcsőn haladva az út 2*s*.
A lift sebességét jelöljük *c*-vel, a felfelé gyaloglását *v*-vel, a lefelé gyaloglását *u*-val.
Ezekkel *c* = 5*v* és *c* = 4*u*.

a) A lift menetideje: $t_{\text{lift}} = \frac{2s}{c}$,

a gyaloglásé $t_{\text{gyaloglás}} = \frac{2s}{v} + \frac{2s}{u} = \frac{2s}{c/5} + \frac{2s}{c/4} = 9 \cdot \frac{2s}{c}$.

Ezzel a keresett arány ***kilenc***.
b)
Haladjon Sanyi a lépcsőn 2*x* utat, ez a liftnek *x*-et jelent, s marad még a liftbeszállás után *s*-*x* út. Így $\frac{2x}{v} + \frac{s-x}{c} < \frac{2s}{u}$.

Vagyis: $5 \cdot \frac{2x}{c} + \frac{s-x}{c} < 4 \cdot \frac{2s}{c}$.

Ebből $x < \frac{7}{9}s$.

A 16 emelet 7/9-ed része alatt (12,44 emelet) kell liftbe szállnia Sanyinak. Ez azt jelenti, hogy legkésőbb a 12. emeleten liftbe kell szállnia.

4)

Martinnak a papír kihúzásához a súrlódási erőt kellett legyőznie, ami függ a felületeket összenyomó erőtől. Ez akkor kisebb, ha a nagyobb tömegű test felől toljuk a rendszert. Ezt a módszert javasolhatta Erik.

Mindkét esetben ugyanakkora erővel toltuk a két hasábot, ezért a létrejött mozgás gyorsulása is azonos. Amennyiben elöl a kisebb tömegű hasáb volt, akkor az ő gyorsításához kisebb nyomóerő kell, és így kisebb erővel lehet leküzdeni a papír kihúzásakor a rá ható súrlódási erőt.

36. Mikola verseny 2. fordulójának megoldásai
IV. kategória, Szakgimnázium 10. évfolyam

1)

Adatok: a torony magassága h = 48 m.

A grafikonon jól leolvasható szöghöz tartozó időértéket keresve:

t = 2,5 s pillanatban a szög 40°-os.

A 48 m-es magasságot $t_{esés}$ = 3,1 s alatt futja be, tehát ennyi ideig repül vízszintesen is. Ezalatt $x = \upsilon_x \cdot t_{esés} =$ 65,1 m-t haladt.

A torony lábától **65,1 m-re ér földet**.

(Másik lehetséges értékpár is vizsgálható.)

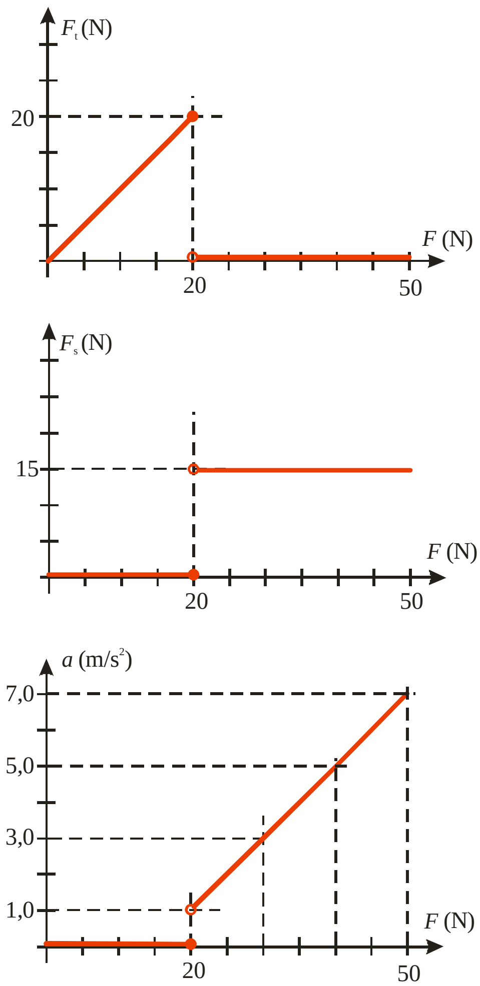
2)

$F_{tap.}$-F; $F_s - F$; $a - F$ függvények

$F = F_{t.max.} = \mu_0 mg$ = 20 N-ig $F_{tap} = F$-el, $F_s = 0$, $a = 0$.

Efelett $F_{tap} = 0$; $F_{s.} = \mu mg$ = 15 N;

$$a = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{5} - 3 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$



3)

A felszín növekedése a lineáris hőtágulási együttható és a hőmérsékletváltozás függvényében:

$$A = A_0(1 + 2\alpha \cdot \Delta t).$$

A követelménynek megfelelően A = 1,02·A_0, azaz $1{,}02A_0 = A_0(1 + 2\alpha \cdot \Delta t)$.

Innen az igényelt hőmérsékletváltozás: $\Delta t = \dfrac{0{,}02}{2\alpha} = \dfrac{0{,}02}{2 \cdot 1{,}52 \cdot 10^{-5}\ \frac{1}{°\mathrm{C}}} = 657{,}9\ \ °\mathrm{C}$.

Ekkora hőmérsékletváltozáshoz a vaskorongnak fel kell vennie

$$Q = cm\Delta t = 465\ \tfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}°\mathrm{C}} \cdot 0{,}2\ \mathrm{kg} \cdot 637{,}9\ \ °\mathrm{C} = 59325\ \mathrm{J}$$

hőt. Ezt az elégetett spiritusz szolgáltatta: $Q = m_{\mathrm{spir}} \cdot É$.

A felhasznált spiritusz tömege: $m_{\mathrm{spir}} = \rho V = 820\ \tfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 0{,}15 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m}^3 = 0{,}0123\ \mathrm{kg}$.

Ezzel a spiritusz által leadott hő: $Q_{\mathrm{le}} = \rho V L_{\mathrm{fűű}} = 0{,}0123\ \mathrm{kg} \cdot 23{,}86\ \tfrac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} = 293478\ \mathrm{J}$.

A művelet hatásfoka: $\eta = \dfrac{Q}{Q_{\mathrm{le}}} = \dfrac{59325}{293478} = 0{,}202 = 20{,}2\%$.

4)

a) A test az indulástól számítva $t_1 = \sqrt{\dfrac{2h}{g}} = 0{,}3\ \mathrm{s}$, illetve $t_2 = \sqrt{\dfrac{2(h+l)}{g}} = 0{,}4\ \mathrm{s}$ alatt ér a kondenzátor felső, illetve alsó széléhez. A lemezek között eltöltött idő tehát $\Delta t = 0{,}1\ \mathrm{s}$.

Az elektromos mező $a_x = \dfrac{qE}{m} = \dfrac{qU}{md}$ vízszintes irányú gyorsulást okoz a testnek. A vízszintes irányú elmozdulásra $x \le \dfrac{d}{2}$, ezért $\dfrac{a_x}{2}(\Delta t)^2 \le \dfrac{d}{2}$. Behelyettesítés és egyszerűsítés után:

$$\frac{qU}{md}(\Delta t)^2 \le d, \quad \text{ahonnan} \quad q \le \frac{m}{U} \cdot \left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2.$$

Az adatokat felhasználva: $\underline{\underline{q_{\max} = 3{,}2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C}}}$.

b) A maximális töltésű test gyorsulásának nagysága a lemezek között:

$$a = \sqrt{a_x^2 + g^2}, \text{ ahol } a_x = \frac{U \cdot q_{\max}}{md} = 4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}, \text{ ezért } \underline{\underline{a = \sqrt{116}\ \frac{m}{s^2} \approx 10{,}77\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}}.$$

c) A kilépési sebesség: $v_2 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(a_x \cdot \Delta t)^2 + (g \cdot t_2)^2} \approx \underline{\underline{4{,}02\ \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}}$.