A 34. Mikola Sándor Fizikaverseny feladatainak megoldása
Döntő - Gimnázium 10. osztály
Pécs 2015

1. feladat:

a) Legyen az összetapadt testek közös sebessége υ_1! A lendület-megmaradásból:

$$m\upsilon_0 = 2m\upsilon_1,$$ **2 pont**

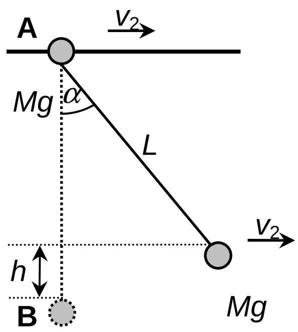
$$\boxed{\upsilon_1 = \frac{\upsilon_0}{2} = 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.}$$ **2 pont**

A másik test sebessége pedig nulla.

b) A fonál alsó végén lévő B test tömege az ütközés után azonos a kényszerpályán csúszó A test tömegével, hiszen $M = 2m$. A B test addig emelkedik, míg a két test sebessége azonos nem lesz. A lendület- és energia-megmaradásból:

$$M\upsilon_1 = 2M\upsilon_2.$$ **2 pont**

A testek közös sebessége ebben a pillanatban:

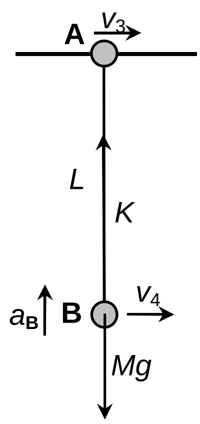


$$\boxed{\upsilon_2 = \frac{\upsilon_1}{2} = \frac{\upsilon_0}{4} = 1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.}$$

$$\frac{1}{2}M\upsilon_1^2 = 2\cdot\frac{1}{2}M\upsilon_2^2 + Mgh,$$ **2 pont**

$$\boxed{h = \frac{1}{16}\frac{\upsilon_0^2}{g} = 0{,}1\ \mathrm{m}.}$$ **2 pont**

c) Legyen a fonál függőleges helyzetében az A test sebessége υ_3, a B testé pedig υ_4! A lendület- és energia-megmaradásból:



$$M\upsilon_1 = M\upsilon_3 + M\upsilon_4,$$ **2 pont**

$$\frac{1}{2}M\upsilon_1^2 = \frac{1}{2}M\upsilon_3^2 + \frac{1}{2}M\upsilon_4^2.$$ **2 pont**

Ezeket alakítva:

$$\upsilon_3(\upsilon_3 - \upsilon_1) = 0.$$

Ennek lehetséges megoldása:

$$\boxed{\upsilon_3 = \upsilon_1 = \frac{\upsilon_0}{2}, \qquad \upsilon_4 = 0.}$$ **2 pont**

Az A test tehát ebben a pillanatban $\frac{\upsilon_0}{2}$ sebességgel mozog, a B test pedig áll. Az A test nem gyorsul, tehát a hozzá rögzített koordináta-rendszer inercia-rendszer. Ebben rendszerben a B test $\upsilon_\mathrm{r} = \frac{\upsilon_0}{2}$ sebességgel L sugarú körpályán mozog. Legyen a keresett fonálerő K ! Felírva a B testre a dinamika alapegyenletét:

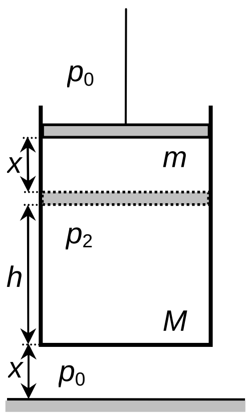
$$M\frac{\upsilon_0^2}{4L} = K - Mg,$$ **2 pont**

$$\boxed{K = M\left(g + \frac{\upsilon_0^2}{4L}\right) = 3{,}6\ \mathrm{N}.}$$ **2 pont**

Összesen: 20 pont

2. feladat:

a) Legyen a henger keresztmetszete A, a külső levegő nyomása p_0, a bezárt levegő nyomása kezdetben p_1, majd a henger a feladat feltétele szerinti x elmozdulása utáni nyomás p_2! A kezdeti p_1 nyomás a dugattyú egyensúlyi feltételéből határozható meg.



$$p_0A + mg - p_1A = 0,$$

$$p_1 = p_0 + \frac{mg}{A}.$$ **1 pont**

A henger felemelkedése során a dugattyú is x távolsággal mozdul el a hengerhez viszonyítva. Legyen ekkor a fonálban ébredő erő K! A dugattyú és henger a felemelés után nyugalomban van. Így:

(1) $$p_0A + mg - p_2A - K = 0,$$ **1 pont**

(2) $$Mg + p_2A - p_0A = 0.$$ **1 pont**

Ezekből: $$p_2 = p_0 - \frac{Mg}{A},$$ **1 pont**

$$K = (p_0 - p_2)A + mg,$$

$$\boxed{K = (m + M)g.}$$ **1 pont**

b) Határozzuk meg a henger és a dugattyú *x* elmozdulását! A Boyle – Mariotte-törvény felhasználásával:

$$p_1 \cdot hA = p_2 \cdot (h + x)A,$$

$$x = \frac{p_1 - p_2}{p_2} \cdot h.$$ **3 pont**

A gáz lassú melegítése során az (1) és (2) egyensúlyi feltételek továbbra is teljesülnek. Ez azt jelenti, hogy a melegítés során a gáz izobár módon, p_2 nyomáson kitágul. A közölt hő a belső energia növekedésének és végzett munkának az összege.

$$Q = E_2 - E_1 + W^*,$$

$$Q = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) + p_2 (V_2 - V_1),$$ **2 pont**

$$Q = \frac{7}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{7}{2} p_2 \cdot xA,$$ **1 pont**

$$Q = \frac{7}{2} p_2 \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_2} \cdot hA,$$ **2 pont**

$$Q = \frac{7}{2} \cdot \frac{(m + M)g}{A} \cdot hA,$$ **1 pont**

$$\boxed{Q = \frac{7}{2} \cdot (m + M)gh.}$$ **2 pont**

c) Az első emelési szakaszban a gáz belső energiája nem változik. Így teljes folyamatra a belső energia megváltozása:

$$\Delta E_\mathrm{b} = 0 + E_2 - E_1,$$

$$\boxed{\Delta E_\mathrm{b} = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} \cdot (m + M)gh.}$$ **4 pont**

Összesen: 20 pont

3. feladat:

a) A korongnak számottevő (állandó) érintőleges és (rohamosan növekvő) normális gyorsulása van, a kis testet a tapadó súrlódási erő kényszeríti a változó irányú és nagyságú gyorsulással a körpályán való mozgásra, így mindaddig, amíg a maximális tapadási súrlódó erő biztosítani tudja a kis test körmozgását, addig, az nem csúszik meg. Abban a pillanatban, amikor a körmozgáshoz szükséges erő nagyobbá válik, mint amekkorát a tapadás biztosítani tud, a kis test azonnal megcsúszik, és a megszerzett sebességével megtartva lendületét, *pillanatnyi mozgás irányában*, elhagyja a korongot, mivel a korong szélén van (és a kis test mérete elhanyagolható), érintő irányban távozik (kicsúszik alóla a korong). Ekkor mozgása vízszintes hajításba megy át, és g gyorsulással lezuhan a padlóra.

A megcsúszás pillanatában a dinamika alap egyenletéből:

$$m \cdot \sqrt{a_t^2 + a_r^2} = \mu m g,$$

$$m \cdot \sqrt{(R\beta)^2 + \left(\frac{\upsilon^2}{R}\right)^2} = \mu m g.$$ **3 pont**

Innen a vízszintes hajítás kezdősebessége:

$$\upsilon = \sqrt{R\sqrt{(\mu g)^2 - (R\beta)^2}},$$ **1 pont**

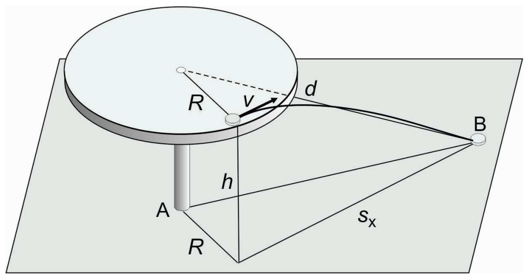
numerikusan:

$$\upsilon = \sqrt{0{,}6\ \mathrm{m}\sqrt{\left(0{,}96 \cdot 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)^2 - \left(0{,}6\ \mathrm{m} \cdot 8\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}\right)^2}} \approx 2{,}23\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

2 pont

Ezzel a sebességgel kezdődik h magasságról történő vízszintes hajítás. A korong középpontjától R távolságból indulva peremétől mérve h mélységet tesz meg, a megcsúszás helyétől vízszintes irányban s_x távolságot befutva. Meg kell határoznunk az esés idejét, ebből az s_x távolságot, majd a leérkezés helyének a korong középpontjától mért távolságot.

A hajítás ideje az esési idővel egyenlő:



$$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}8\ \mathrm{m}}{10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = 0{,}4\ \mathrm{s}.$$ **1 pont**

Ennyi idő alatt vízszintes irányban megtett út:

$$s_x = \upsilon t_2 = 2{,}23\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 0{,}4\ \mathrm{m} = 0{,}892\ \mathrm{m}.$$ **1 pont**

A keresett d távolság az ábra alapján:

$$d = \sqrt{h^2 + AB^2},$$ **2 pont**

ahol az AB távolság R és s_x szakaszok merőlegessége miatt:

$$AB = \sqrt{R^2 + s_x^2}.$$ **1 pont**

Ezzel a keresett távolság:

$$d = \sqrt{R^2 + s_x^2 + h^2},$$

$$\boxed{d = \sqrt{0{,}6^2\ \mathrm{m}^2 + 0{,}892^2\ \mathrm{m}^2 + 0{,}8^2\ \mathrm{m}^2} = 1{,}34\ \mathrm{m}.}$$ **2 pont**

b) Az indítástól a megcsúszásig eltelt idő:

$$t_1 = \frac{\upsilon}{R\beta} = \frac{2{,}23\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{0{,}6\ \mathrm{m}\cdot 8\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}} = 0{,}465\ \mathrm{s}.$$ **2 pont**

Ennyi idő alatt a korong felületén megtett út:

$$s = R\varphi = R\cdot\frac{1}{2}\beta t^2,$$

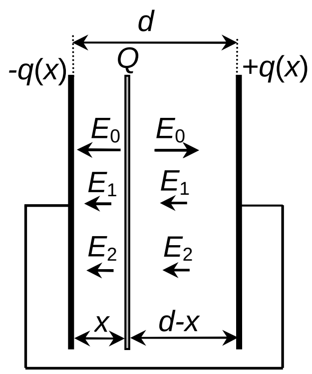
$$\boxed{s = 0{,}6\ \mathrm{m}\cdot\frac{1}{2}\cdot 8\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}\cdot 0{,}465^2\ \mathrm{s}^2 = 0{,}52\ \mathrm{m}.}$$ **2 pont**

c) Az indítástól a talajra érkezésig eltelt idő a felgyorsulás idejének és az esés idejének az összege. Indulástól a leérkezésig eltelt összes idő:

$$\boxed{t = t_1 + t_2 = 0{,}465\ \mathrm{s} + 0{,}4\ \mathrm{s} = 0{,}865\ \mathrm{s}.}$$ **3 pont**

Összesen: 20 pont

4. feladat:



a) Legyen a *Q* töltésű lemez *x* távolságban a bal oldali lemeztől! A kondenzátor kezdetben töltetlen volt, ezért a lemezeken lévő töltések algebrai összege a középső lemez mozgatása során végig zérus lesz. A lemezeket egy vezető huzallal összekötöttük, így lemezek közti feszültség is zérus. Legyen ebben a helyzetben a bal oldali lemez töltése -*q*(*x*), az általa az egyes térrészekben létrehozott elektromos mező térerőssége E_1! A jobb oldali lemezen +*q*(*x*) töltés van, és az általa az egyes térrészekben létrehozott elektromos mező térerőssége E_2, a *Q* töltésű, mozgatott lemez által létre hozott mező térerőssége az egyes térrészekben E_0.

$$E_1 = E_2 = \frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{q(x)}{A},$$ **2 pont**

$$E_0 = \frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{A}.$$ **1 pont**

Használjuk ki, hogy a síkkondenzátor lemezei között a feszültség zérus!

$$-(E_0 + 2E_1)\cdot x + (E_0 - 2E_1)(d - x) = 0.$$

Ebből: $$E_1 = \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{d}\right)\cdot E_0.$$ **3 pont**

E_1 és E_2 értékeit beírva:

$$\frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{q(x)}{A}=\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{d}\right)\frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{A},$$

$$q(x)=\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{d}\right)\cdot Q$$ **2 pont**

A jobb oldali lemez töltése $x_1=\frac{d}{6}$ távolság esetén:

$$\boxed{q_1=\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{6}\right)\cdot Q=\frac{1}{3}Q.}$$ **1 pont**

A bal oldali lemez töltése pedig:

$$\boxed{-q_1=-\frac{1}{3}Q.}$$ **1 pont**

A jobb oldali lemez töltése $x_2=\frac{d}{2}$ távolság esetén:

$$\boxed{q_2=\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\right)\cdot Q=0.}$$ **1 pont**

A síkkondenzátor lemezeinek tehát nincs töltése abban a pillanatban, amikor a mozgatott lemez éppen középre kerül.

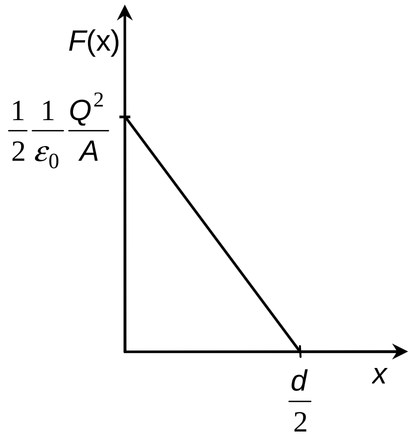
b) Határozzuk meg, hogy mekkora elektromos erő hat a Q töltésű lemezre, amikor x távolságra van a bal oldali lemeztől!

$$F(x)=2E_1Q,$$ **1 pont**

$$F(x)=2\cdot\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{d}\right)\cdot\frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{A}\cdot Q,$$

$$F(x)=\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{d}\right)\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q^2}{A}.$$ **3 pont**

Ezt az erőt ábrázolva a kérdéses út függvényében a grafikon alatti terület alapján számolhatjuk a végzett munkát.



$$W=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q^2}{A}\cdot\frac{d}{2}.$$ **3 pont**

$$\boxed{W=\frac{1}{8}\cdot\frac{Q^2}{C}.}$$ **2 pont**

Összesen: 20 pont

A 34. Mikola Sándor Fizikaverseny feladatainak megoldása
Döntő - Szakközépiskola 10. osztály
Pécs 2015

1. feladat:

a) Írjuk fel a járművek *d* távolságát a *t* idő függvényében!

$$d(t)=d_0+\upsilon_0 t-\frac{a}{2}t^2.$$ **2 pont**

A motorkerékpár akkor éri utol a kamiont, ha $d = 0$, azaz

$$0=d_0+\upsilon_0 t_1-\frac{a}{2}t_1^2,$$

$$t_1^2-10t_1-75=0.$$

Ebből a keresett t_1 idő:

$$\boxed{t_1=15\text{ s.}}$$ **2 pont**

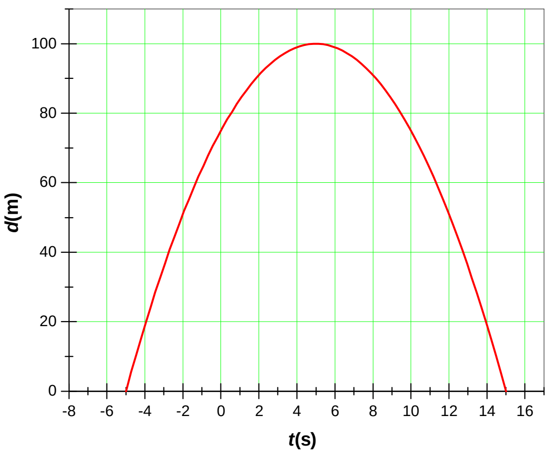
A motorkerékpár sebessége az előzés pillanatában:

$$\boxed{\upsilon_1=at_1=30\ \frac{\text{m}}{\text{s}}=108\ \frac{\text{km}}{\text{h}}.}$$ **2 pont**

b) A járművek akkor vannak legtávolabb, amikor a

$$d(t)=d_0+\upsilon_0 t-\frac{a}{2}t^2$$

függvénynek maximuma van. Ábrázoljuk a függvényt, és keressük meg számítással a zérus helyeit! Ezek már az előző eredményeinkből is adódnak.



$$t^{(1)}=-5\text{ s},$$

$$t^{(2)}=15\text{ s}.$$

A függvénynek ezek számtani közepénél van maximuma, azaz

$$t_0=\frac{t^{(1)}+t^{(2)}}{2}=5\text{ s}.$$ **5 pont**

A t_0 idő abból a feltételből is meghatározható, hogy a járművek akkor vannak legtávolabb egymástól, amikor a sebességük megegyezik.

A maximális távolság:

$$d_{\max} = d_0 + \upsilon_0 t_0 - \frac{a}{2} t_0^2 ,$$ **2 pont**

$$\boxed{d_{\max} = 75\ \text{m} + 50\ \text{m} - 25\ \text{m} = 100\ \text{m}.}$$ **1 pont**

c) Legyen a motorkerékpár indulásától számított, keresett idő t_2! A motorkerékpár által megtett út:

$$s_{\text{mot}} = \frac{a}{2} t_1^2 + \upsilon_1 (t_2 - t_1).$$ **2 pont**

A kamion által megtett út:

$$s_{\text{kam}} = \upsilon_0 t_2 .$$ **2 pont**

A feltétel miatt:

$$2 = \frac{s_{\text{mot}}}{s_{\text{kam}}} = \frac{\frac{a}{2} t_1^2 + \upsilon_1 (t_2 - t_1)}{\upsilon_0 t_2}.$$

Ebből a keresett idő:

$$\boxed{t_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{a t_1^2}{\upsilon_1 - 2\upsilon_0} = 22{,}5\ \text{s}.}$$ **2 pont**

Összesen: 20 pont

2. feladat:

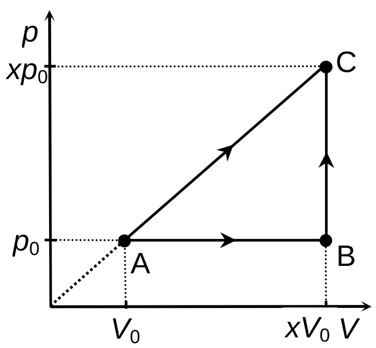
a) A hatásfok definíciója szerint:

$$\eta = \frac{Q_{\text{felvett}} - Q_{\text{leadott}}}{Q_{\text{felvett}}},$$ **2 pont**

$$\eta = \frac{Q_{\text{AC}} - Q_{\text{BC}} - Q_{\text{AB}}}{Q_{\text{AC}}},$$ **4 pont**

$$\boxed{\eta = \frac{360\ \text{J}}{3600\ \text{J}} = 0{,}1 = 10\%.}$$ **2 pont**

b) Legyen a gáz térfogata, illetve nyomása az A állapotban V_0, illetve p_0! Jelöljük továbbá a gáz térfogatát a B állapotban xV_0-lal! A feladat feltétele szerint, ekkor a C állapotbeli nyomás xp_0. Gay-Lussac I. törvényéből:



$$\frac{V_0}{T_A} = \frac{xV_0}{T_B},$$

$$x = \frac{T_B}{T_A} = 4.$$ **2 pont**

A B és C állapotokra a Gay-Lussac II. törvényt felírva:

$$\frac{p_0}{T_B} = \frac{4p_0}{T_C},$$

$$\boxed{T_C = 4T_B = 16T_0.}$$ **2 pont**

c) Az A→B folyamat izobár, B→C folyamat izochor folyamat, így:

$$Q_{AB} = \frac{f+2}{2}\frac{R}{M}m \cdot (4T_0 - T_0),$$ **2 pont**

$$Q_{BC} = \frac{f}{2}\frac{R}{M}m \cdot (16T_0 - 4T_0).$$ **2 pont**

Ezek osztásából:

$$\frac{Q_{AB}}{Q_{BC}} = \frac{f+2}{4f},$$ **2 pont**

$$\frac{7}{20} = \frac{f+2}{4f},$$

$\boxed{f = 5.}$ A gáz nem lehet hélium. **2 pont**

Összesen: 20 pont

3. feladat:

a) A mechanikai energia megmaradásából következően az elengedett testek sebessége az ütközésig minden pillanatban megegyezik, és így egyszerre érkeznek a függőleges helyzetbe. Legyen ekkor a sebességük υ_0, az ütközés után pedig υ_1 és υ_2! Az energia-megmaradásból:

$$mgL = \frac{1}{2}m\upsilon_0^2,$$

$$\boxed{\upsilon_0 = \sqrt{2gL}.}$$ **4 pont**

b) A rugalmas ütközésre érvényes lendület- és energia-megmaradásból:

$$3m\upsilon_0 - m\upsilon_0 = 3m\upsilon_2 + m\upsilon_1,$$ **1 pont**

$$\frac{1}{2}\cdot 3m\upsilon_0^2 + \frac{1}{2}m\upsilon_0^2 = \frac{1}{2}\cdot 3m\upsilon_2^2 + \frac{1}{2}m\upsilon_1^2.$$ **1 pont**

Ezekből:

$$2\upsilon_0 = 3\upsilon_2 + \upsilon_1,$$

$$4\upsilon_0^2 = 4\upsilon_2^2 + \upsilon_1^2.$$

Az egyenletrendszert megoldva:

$$12\upsilon_2(\upsilon_2 - \upsilon_0).$$ **2 pont**

Az ütközés miatt υ_2 nem maradhat υ_0, ezért a $3m$ tömegű golyó sebessége

$$\boxed{\upsilon_2 = 0,}$$ **1 pont**

Az m_1 tömegűé pedig:

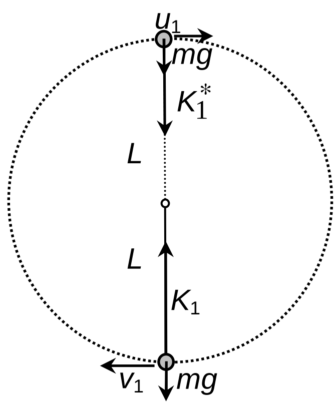
$$\boxed{\upsilon_1 = 2\upsilon_0 = 2\sqrt{2gL}.}$$ **1 pont**

c) Írjuk fel a fonalak alsó, függőleges helyzetében a golyók mozgására a dinamika alapegyenletét! Az m tömegű golyóra:

$$m\frac{\upsilon_1^2}{L} = K_1 - mg,$$ **2 pont**

$$K_1 = m\left(g + \frac{\upsilon_1^2}{L}\right),$$

$$\boxed{K_1 = m\left(g + \frac{8gL}{L}\right) = 9mg.}$$ **2 pont**



A $3m$ tömegű golyóra:

$$0 = K_2 - 3mg,$$

$$\boxed{K_2 = 3mg.}$$ **2 pont**

A golyók ütközése után az m tömegű golyó elindul υ_1 sebességgel, és eljuthat a felső függőleges helyzetbe is. Ezt is vizsgálni kell! Legyen ott a sebessége u_1! Az energia-megmaradásból:

$$\frac{1}{2}m\upsilon_1^2 = \frac{1}{2}mu_1^2 + mg\cdot 2L,$$ **1 pont**

$$u_1^2 = \upsilon_1^2 - 4gL,$$

$$u_1^2 = 4gL.$$ **1 pont**

Itt is a dinamika alapegyenletéből számolhatjuk a K_1^* fonálerőt.

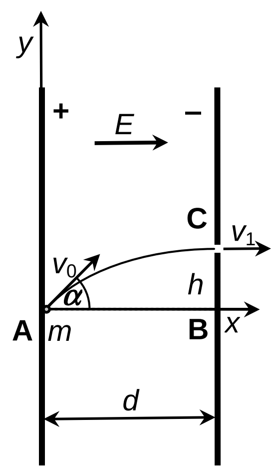
$$m\frac{u_1^2}{L} = mg + K_1^*,$$

$$\boxed{K_1^* = m\left(\frac{u_1^2}{L} - g\right) = 3mg.}$$ **2 pont**

Összesen: 20 pont

4. feladat:

a) Vegyük fel az ábrán látható koordináta-rendszert, és írjuk fel a dinamika alapegyenletét az x és y irányú mozgásokra!



$$ma_{\mathrm{x}} = Eq = mg,$$

$$\boxed{a_{\mathrm{x}} = g.}$$ **1 pont**

$$ma_y = -mg,$$

$$\boxed{a_{\mathrm{y}} = -g.}$$ **1 pont**

b) Az m tömegű test hely- és sebesség-koordinátái a t időpillanatban:

(1) $$x = \upsilon_0\cos\alpha\cdot t + \frac{g}{2}t^2,$$

(2) $$y = \upsilon_0\sin\alpha\cdot t - \frac{g}{2}t^2,$$

(3) $$\upsilon_{\mathrm{x}} = \upsilon_0\cos\alpha + gt,$$

(4) $$\upsilon_{\mathrm{y}} = \upsilon_0\sin\alpha - gt.$$ **2 pont**

Mivel a test a t_1 időpillanatban áthalad a h magasságban lévő lyukon, ezért a C pont koordinátai kielégítik az (1) és (2) egyenleteket.

$$d = \upsilon_0 \cos\alpha \cdot t_1 + \frac{g}{2} t_1^2,$$ **1 pont**

(5) $$h = \upsilon_0 \sin\alpha \cdot t_1 - \frac{g}{2} t_1^2.$$ **1 pont**

Ezeket összeadva, és a t_1 időt kifejezve:

(6) $$t_1 = \frac{d+h}{\sqrt{2}\upsilon_0}.$$ **2 pont**

A t_1 időt abból a feltételből is meghatározhatjuk, hogy a lyukon való áthaladáskor a sebesség függőleges komponense zérus.

$$0 = \upsilon_0 \sin\alpha - g t_1,$$

(7) $$t_1 = \frac{\sqrt{2}\upsilon_0}{2g}.$$ **2 pont**

(6) és (7) egyenlőségéből a h és υ_0 közti kapcsolat:

$$\frac{d+h}{\sqrt{2}\upsilon_0} = \frac{\sqrt{2}\upsilon_0}{2g},$$

(8) $$\upsilon_0^2 = g(d+h).$$ **2 pont**

A h és υ_0 között úgy is kapcsolatot teremthetünk, hogy (2)-be beírjuk, a

$$t_1 = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$$

összefüggést:

$$h = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{\upsilon_0^2}{4g},$$

(9) $$\upsilon_0^2 = 4gh.$$ **2 pont**

(8) és (9) egyenlőségéből:

$$4gh = g(d+h),$$

$$\boxed{h = \frac{d}{3} = 3\ \text{cm.}}$$ **2 pont**

c) A keresett kezdősebesség:

$$\boxed{\upsilon_0 = 2 \cdot \sqrt{\frac{gd}{3}} \approx 1{,}1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.}$$ **2 pont**

d) A lyukon való átrepülés sebessége (3)-ból t_1 beírásával:

$$\upsilon_1 = \upsilon_0 \cos\alpha + g \cdot \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g} = 2\upsilon_0 \cos\alpha,$$

$$\boxed{\upsilon_1 = \sqrt{2}\upsilon_0 = 2 \cdot \sqrt{\frac{2gd}{3}} \approx 1{,}55\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.}$$

2 pont

Összesen: 20 pont