Villamosmérnök alapszak Fizika1 4. vizsga, 2018. jan. 17.	F1	F2	F3	F4	M	E1	E2	E3	E4	E5	Összesen	Bónusz

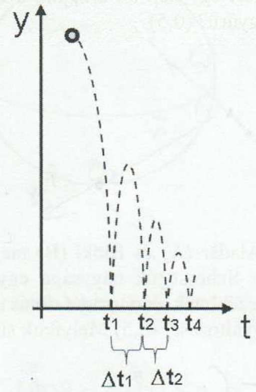
NÉV: ____________________

Neptun kód: ____________________

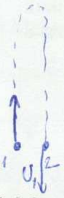
Előadó: Márkus ☐ / Sarkadi ☐

---

1. Ha egy labdát tetszőleges magasságból vízszintes talajra ejtünk, a labda minden egyes visszapattanás után kisebb magasságba képes emelkedni a rugalmas ütközések tökéletlensége miatt. Egy okostelefonos alkalmazás hangfelvételt készít az egymást követő koppanásokról, és kiértékeli az 1. és 2. koppanás közt eltelt Δt_1 időt, valamint a 2. és 3. koppanás közt eltelt Δt_2 időt.



a) Δt_1 és Δt_2 ismeretében határozzuk meg a labda v_1 sebességét közvetlenül az 1. visszapattanást követő pillanatban, valamint v_2 sebességét közvetlenül a 2. visszapattanást követő pillanatban! A labda mozgását tekintsük függőlegesnek! (1)



$$\Delta t_1 = \frac{2v_1}{g} \Rightarrow \boxed{v_1 = \frac{g\cdot\Delta t_1}{2}}$$

$$\boxed{v_2 = \frac{g\Delta t_2}{2}}$$

b) Mutassa meg, hogy az alkalmazás segítségével meghatározható a 2. számú visszapattanás utáni és előtti mechanikai energiák $K=E_2/E_1$ hányadosa! (1)

$$E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$K = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{\frac{g^2\Delta t_2^2}{2^2}}{\frac{g^2\Delta t_1^2}{2^2}} = \boxed{\frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1^2}}$$

$$E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

c) Tételezzük fel, hogy minden egyes visszapattanás alkalmával ugyanúgy K-szorosára változik a labda mechanikai energiája. Ha így van, mekkorának méri a készülék a 3. és 4. koppanás közt eltelt Δt_3 időtartamot? (1)

$$E_3 = KE_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_3^2 = \frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1^2}\cdot\frac{1}{2}mv_2^2 \Rightarrow v_3^2 = \frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1^2}\cdot v_2^2 \Rightarrow v_3 = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\cdot v_2$$

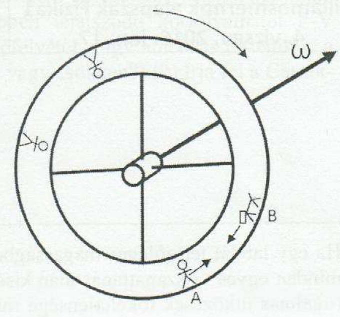
$$\Delta t_3 = \frac{2v_3}{g} = \frac{2}{g}\cdot\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\cdot v_2 = \frac{\cancel{2}}{\cancel{g}}\cdot\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\cdot\frac{\cancel{g}\cdot\Delta t_2}{\cancel{2}} = \boxed{\frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1}}$$

d) Hogyan határozhatná meg a készülék azt, hogy milyen h_0 magasságból ejtettük le a labdát? (1)

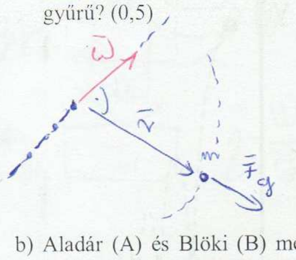
$$E_0 = \frac{E_1}{K} \Rightarrow mgh_0 = \frac{\frac{1}{2}mv_1^2}{\frac{\Delta t_2^2}{\Delta t_1^2}} \Rightarrow gh_0 = \frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta t_1^2}{\Delta t_2^2}\underbrace{\left(\frac{g\Delta t_1}{2}\right)^2}_{v_1^2}$$

$$\Rightarrow h_0 = \frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta t_1^2}{\Delta t_2^2}\cdot\frac{g\Delta t_1^2}{4} = \boxed{\frac{g}{8}\cdot\frac{\Delta t_1^4}{\Delta t_2^2}}$$

2. Csillagközi űrutazásokra olyan gyűrű alakú űrhajót építenek, amely saját tengelye körül forog az ábra szerint. Az utasok számára így a centrifugális erő biztosít „mesterséges gravitációt”.



a) Mekkorának kell választani az űrhajó szögsebességét ahhoz, hogy az űrhajóhoz képest álló utasok éppen ugyanakkora g nehézségi gyorsulást érzékeljenek az űrhajóban, mint amekkora a Föld felszínén merhető? Az űrhajó sugara r. (1) Mennyi ideig tart egy nap az űrhajón, azaz mennyi idő alatt fordul körbe a gyűrű? (0,5)



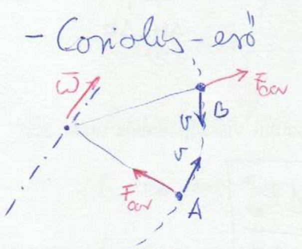
$$F_{cf} = m\cdot\omega^2\cdot r$$

$$F_{cf} = mg \Rightarrow mg = m\omega^2 r$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}}$$

b) Aladár (A) és Blöki (B) meglátják egymást az űrhajó „folyosóján”, és elkezdenek szaladni egymás felé. Sebességük nagysága egyaránt v az űrhajó padlójához képest. Egyikük könnyebbnek, másikuk nehezebbnek érzi magát futás közben ahhoz képest, amikor még nem futottak. Milyen erő okozza a súlyváltozást? (0,5) Melyikük súlya csökkent, melyikük növekedett? (1).

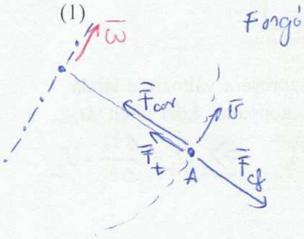
– Coriolis-erő $\quad \bar{F}_{cor} = -2m(\bar{\omega}\times\bar{v})$



A: súlycsökkenés

B: súlynövekedés

c) Mekkora sebességgel kell futniuk, hogy a súlycsökkenést tapasztaló utas teljesen súlytalanná váljon? (1)



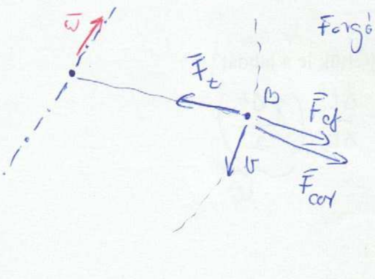
Forgó rendszerben: $\sum \bar{F} = m\bar{a} \Rightarrow F_{cor} + F_t - F_{cf} = m\frac{v^2}{r}$

$$2m\omega v + F_t - m\omega^2 r = m\frac{v^2}{r}$$

$$F_t = 0 \Rightarrow 2m\omega v - m\omega^2 r = m\frac{v^2}{r}$$

$$0 = v^2 - 2\omega r\cdot v + \omega^2 r^2 = (v-\omega r)^2 \Rightarrow \boxed{v = \omega r}$$

d) Mekkora súlyú ekkor a súlytalan utassal szemben futó egyén? (1)



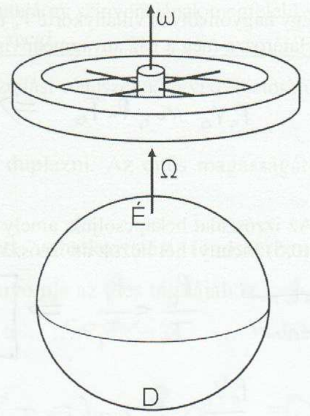
Forgó rendszerben $\sum \bar{F} = m\bar{a} \Rightarrow F_t - F_{cf} - F_{cor} = m\frac{v^2}{r}$

$$F_t = m\omega^2 r + 2m\omega v + m\frac{v^2}{r} =$$

$$F_t = m\Big(\omega^2 r + 2\omega\cdot\overbrace{\omega\cdot r}^{v} + \frac{\overbrace{\omega^2 r^2}^{v^2}}{r}\Big) = mr\omega^2(1+2+1)$$

$$F_t = 4mr\omega^2 = 4mr\cdot\frac{g}{r} = \boxed{4mg}$$

3. Az előző feladatban szereplő, r sugarú, m tömegű, ω szögsebességgel forgó űrhajó megérkezik úti céljához, egy M tömegű, R sugarú, gömb alakú kisbolygóhoz, mely Ω szögsebességgel forog. A landolást az északi sarkon kezdik meg az ábra szerint.



a) Mekkora az űrhajó tehetetlenségi nyomatéka? (A tengely és a küllők tömege elhanyagolható) (0,5)

$$\Theta_{ü} = m r^2$$

b) Számítsa ki az űrhajó N_1, valamint a kisbolygó N_2 impulzusmomentumát! (1) A bolygó tehetetlenségi nyomatékát tekintsük $\theta_B = {}^2/_5\, MR^2$ -nek!

$$N_1 = \Theta_{ü}\,\omega = \boxed{m r^2 \omega}$$

$$N_2 = \Theta_B \cdot \Omega = \boxed{\frac{2}{5} M R^2 \Omega}$$

c) Mekkora lesz az űrhajó-bolygó rendszer közös ω_K szögsebessége a landolást követően? (1)

Impulzusmomentum megmaradás:

$$N_1 + N_2 = N_K$$

$$\Theta_{ü}\,\omega + \Theta_B \cdot \Omega = (\Theta_{ü} + \Theta_B)\,\omega_K$$

$$\omega_K = \frac{\Theta_{ü}\,\omega + \Theta_B\,\Omega}{\Theta_{ü} + \Theta_B} = \boxed{\frac{m r^2 \omega + \frac{2}{5} M R^2 \cdot \Omega}{m r^2 + \frac{2}{5} M R^2}}$$

d) Mennyi kinetikus energia disszipálódik a landolás során a földetérés pillanatától a közös szögsebesség kialakulásáig? (1,5)

$$\Delta E = E_1 + E_2 - E_K = \frac{1}{2}\Theta_{ü}\,\omega^2 + \frac{1}{2}\Theta_B \cdot \Omega^2 - \frac{1}{2}(\Theta_{ü} + \Theta_B) \cdot \omega_K^2$$

$$\Delta E = \frac{1}{2}\left[\Theta_B \Omega^2 + \Theta_{ü}\,\omega^2 - \cancel{(\Theta_{ü} + \Theta_B)} \cdot \frac{(\Theta_{ü}\,\omega + \Theta_B\,\Omega)^2}{(\Theta_{ü} + \Theta_B)^{\cancel{2}}}\right] = \frac{1}{2}\left[\Theta_{ü}\,\omega^2 + \Theta_B \Omega^2 - \frac{(\Theta_{ü}\,\omega + \Theta_B\,\Omega)^2}{\Theta_{ü} + \Theta_B}\right]$$

e) Mennyi mechanikai energia disszipálódna, ha az űrhajó a déli sarkon szállna le, azaz az űrhajó és a kisbolygó impulzusmomentum-vektora kezdetben ellentétes irányba mutatna? (1)

$$\Delta E' = \frac{1}{2}\left(\Theta_{ü}\,\omega'^2 + \Theta_B \Omega^2 - \frac{(\Theta_{ü}\,\omega' + \Theta_B\,\Omega)^2}{\Theta_{ü} + \Theta_B}\right) \qquad \omega' = -\omega$$

$$\Rightarrow \Delta E' = \frac{1}{2}\left(\Theta_{ü}\,\omega^2 + \Theta_B \Omega^2 - \frac{(\Theta_B \Omega - \Theta_{ü}\,\omega)^2}{\Theta_{ü} + \Theta_B}\right)$$

$$\Delta E = \frac{1}{2}\left(m r^2 \omega^2 + \frac{2}{5} M R^2 \Omega^2 - \frac{\left(m r^2 \omega + \frac{2}{5} M R^2 \Omega\right)^2}{m r^2 + \frac{2}{5} M R^2}\right)$$

$$\Delta E' = \frac{1}{2}\left(m r^2 \omega^2 + \frac{2}{5} M R^2 \Omega^2 - \frac{\left(\frac{2}{5} M R^2 \Omega - m r^2 \omega\right)^2}{m r^2 + \frac{2}{5} M R^2}\right)$$

4. Egy hagyományos villanykörte V_0 térfogatú burája alatt P_0 nyomású, T_0 hőmérsékletű argongáz van.

a) Határozza meg a gáz anyagmennyiségét! (0,5)

$$P_0 V_0 = n_0 R T_0 \Rightarrow \boxed{n_0 = \frac{P_0 V_0}{R T_0}}$$

b) Az izzószálat bekapcsoljuk, amely T_1 hőmérsékletűre melegíti a gázt. Mekkora lett a gáz P_1 nyomása? (0,5) Mennyi höt közölt az izzószál a gázzal? (A gáz izochor mólhője $c_v = ^3/_2\, R$) (1)

Izochor $\quad \frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1} \Rightarrow \boxed{P_1 = \frac{T_1}{T_0} \cdot P_0} \quad Q = n\, c_v \cdot \Delta T$

$$Q = \frac{P_0 V_0}{R T_0} \cdot \frac{3}{2} R \cdot (T_1 - T_0) = \boxed{\frac{3}{2} P_0 V_0 \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_0}}$$

c) Az izzó üvegburája elpattan, kicsiny repedés jelenik meg rajta, amelyen keresztül a gáz egy része kiszivárog a külső térbe. A bura alatt a hőmérséklet nem változik, a nyomás viszont kiegyenlítődik a P_0 nyomású külső térrel. Hány mól argon szivárgott ki? (1)

$P_2 = P_0$, $T_2 = T_1$, $V_2 = V_0$, $n_2 = ?$

$P_2 V_2 = n_2 R \cdot T_2$

$n_2 = \frac{P_2 V_2}{R T_2} = \frac{P_0 V_0}{R T_1}$

Bura alól távozott:

$$\Delta n = n_0 - n_2 = \frac{P_0 V_0}{R T_0} - \frac{P_0 V_0}{R T_1} = \boxed{\frac{P_0 V_0}{R}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right)}$$

d) A lámpát lekapcsolják, a gáz újra kihűl T_0 hőmérsékletűre. A gáz összehúzódik, így a repedésen keresztül annyi levegő áramlik be, hogy a nyomás a bura alatt újra a külső nyomással egyezzen meg. A bura alatti gáz anyagmennyiségének hány százaléka argon a folyamat végén? (1)

$\left.\begin{array}{l} P_3 = P_0 \\ T_3 = T_0 \\ V_3 = V_0 \end{array}\right\} n_3 = n_0$

Beáramló levegő mennyisége:

$$\Delta n' = n_3 - n_2 = n_0 - n_2 = \Delta n = \boxed{\frac{P_0 V_0}{R}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right)} \qquad \boxed{K = \frac{n_0 - \Delta n}{n_0}}$$

Ugyanannyi levegő jön be, mint amennyi argon távozott

e) Hányszor kell a lámpát fel-le kapcsolni ahhoz, hogy a bura alatt 50% alá csökkenjen az argon koncentrációja? (Feltételezzük, hogy a gáz fűtésekor távozó gáz argon/levegő aránya megegyezik a bura alatt levő gáz aktuális argon-levegő arányával, hűléskor viszont mindig tiszta levegő áramlik be a repedésen.)

Legyen az i-edik ciklus utáni koncentráció K_i

→ i+1-edik ciklusban kimegy $K_i\, \Delta n$ argon

→ Argon koncentráció a ciklus végén:

$$K_{i+1} = \frac{K_i n_0 - K_i \Delta n}{n_0} = K_i\left(\frac{n_0 - \Delta n}{n_0}\right)$$

$$\Downarrow$$

$K_0 = 1$

$$\Rightarrow K_i = \left(\frac{n_0 - \Delta n}{n_0}\right)^i$$

$$K_i = 0{,}5 = \left(\frac{n_0 - \Delta n}{n_0}\right)^i \qquad i = ?$$

$$\ln 0{,}5 = \ln\left[\left(\frac{n_0 - \Delta n}{n_0}\right)^i\right]$$

$$\ln 0{,}5 = i \ln\left(\frac{n_0 - \Delta n}{n_0}\right)$$

$$\boxed{i = \frac{\ln 0{,}5}{\ln\left(\frac{n_0 - \Delta n}{n_0}\right)}}$$

1.

Kifejtendő kérdések

Tömör, lényegre törő, vázlatszerű, fizikailag és matematikailag pontos válaszokat várunk. Ha szükséges, rajzoljon magyarázó ábrákat!

1. Milyen körülmények közt ébred a csúszási, és milyen körülmények között a tapadási súrlódási erő? (0,5) Nagyságukat matematikai összefüggéssel adja meg, nevezze meg a bevezetett fizikai mennyiségeket!) (1) Írjon konkrét hétköznapi példát arra, amikor a súrlódási erő egy test mozgását nem hátráltatja, hanem sebességének nagyságát növeli! Választott példa vázlatos rajzán szemléltesse a testre ható erőket! (1,5)

– Csúszási súrlódási erő akkor lép fel, ha két kölcsönható felület egymáshoz képest elmozdul.

$F_s = \mu \cdot F_t$

F_t: felületeket összenyomó erő nagysága

μ: csúszási súrlódási együttható

F_s: csúszási súrlódási erő nagysága.

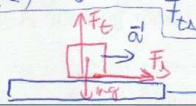
– A tapadási súrlódási erő az a felülettel párhuzamos kényszererő, mely megakadályozza a két kölcsönható felület egymáshoz képesti elmozdulását.

$F_{ts} \le \mu_0 F_t$

μ_0: tapadási súrlódási együttható

F_{ts}: tapadási súrlódási erő (csak felső korlátja van)

Pl:



Vízszintesen gyorsuló asztalterítőre helyezett testet a súrlódási erő gyorsítja.

2. Milyen megmaradási törvények alkalmazhatóak egydimenziós tökéletesen rugalmas (0,5), valamint tökéletesen rugalmatlan ütközés esetén? (0,5) Általános formában (NE az ütközésekre alkalmazva) írja le egy mondatban a fent említett megmaradási törvényeket! (1) A megmaradási törvényeket kifejező egyenleteket írja fel a két speciális ütközéstípus esetén! Az egyenletekben szereplő fizikai mennyiségeket az ütközéseket ábrázoló vázlatos ábrákon tüntesse fel! (1)

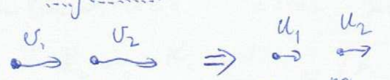
Rugalmas: Impulzusmegmaradás, Mechanikai energia megmaradás

Rugalmatlan: Impulzusmegmaradás

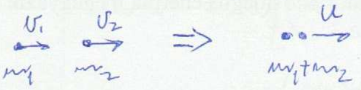
Impulzusmegmaradás: Ha egy pontrendszerre ható külső erők eredője nulla, a pontrendszer teljes impulzusa nem változik.

Mech. energia megmaradás: Konzervatív erőtérben mozgó test kinetikus és potenciális energiáinak összege nem változik.

Rugalmas



Rugalmatlan



$\Rightarrow \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 = \frac{1}{2}m_1 u_1^2 + \frac{1}{2}m_2 u_2^2$

$\Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1+m_2)u$

$\Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$

1.

Kifejtendő kérdések

Tömör, lényegre törő, vázlatszerű, fizikailag és matematikailag pontos válaszokat várunk.
Ha szükséges, rajzoljon magyarázó ábrákat!

1. Milyen körülmények közt ébred a csúszási, és milyen körülmények között a tapadási súrlódási erő? (0,5) Nagyságukat matematikai összefüggéssel adja meg, nevezze meg a bevezetett fizikai mennyiségeket!) (1) Írjon konkrét hétköznapi példát arra, amikor a súrlódási erő egy test mozgását nem hátráltatja, hanem sebességének nagyságát növeli! Választott példa vázlatos rajzán szemléltesse a testre ható erőket! (1,5)

– Csúszási súrlódási erő akkor lép fel, ha két kölcsönható felület egymáshoz képest elmozdul.

$F_s = \mu \cdot F_t$

F_t: felületeket összenyomó erő nagysága

μ: csúszási súrlódási együttható

F_s: csúszási súrlódási erő nagysága.

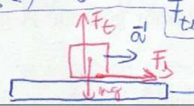
– A tapadási súrlódási erő az a felülettel párhuzamos kényszererő, mely megakadályozza a két kölcsönható felület egymáshoz képesti elmozdulását.

$F_{ts} \le \mu_0 F_t$

μ_0: tapadási súrlódási együttható

F_{ts}: tapadási súrlódási erő (csak felső korlátja van)

Pl:



Vízszintesen gyorsuló asztalterítőre helyezett testet a súrlódási erő gyorsítja.

2. Milyen megmaradási törvények alkalmazhatóak egydimenziós tökéletesen rugalmas (0,5), valamint tökéletesen rugalmatlan ütközés esetén? (0,5) Általános formában (NE az ütközésekre alkalmazva) írja le egy mondatban a fent említett megmaradási törvényeket! (1) A megmaradási törvényeket kifejező egyenleteket írja fel a két speciális ütközéstípus esetén! Az egyenletekben szereplő fizikai mennyiségeket az ütközéseket ábrázoló vázlatos ábrákon tüntesse fel! (1)

Rugalmas: Impulzusmegmaradás, Mechanikai energia megmaradás

Rugalmatlan: Impulzusmegmaradás

Impulzusmegmaradás: Ha egy pontrendszerre ható külső erők eredője nulla, a pontrendszer teljes impulzusa nem változik.

Mech. energia megmaradás: Konzervatív erőtérben mozgó test kinetikus és potenciális energiáinak összege nem változik.

Rugalmas

v_1 v_2 (m_1, m_2) $\Rightarrow$ u_1 u_2 (m_1, m_2)

Rugalmatlan

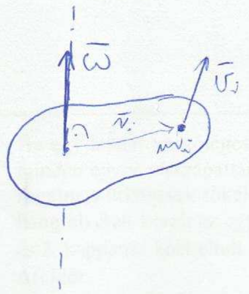
v_1 v_2 (m_1, m_2) $\Rightarrow$ u (m_1+m_2)

$\Rightarrow \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 = \frac{1}{2}m_1 u_1^2 + \frac{1}{2}m_2 u_2^2$

$\Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1+m_2)u$

$\Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$

3. Sematikusan rajzoljon fel egy rögzített tengely körül forgó általános alakú merev testet! Az ábrán tüntesse fel a szögsebesség- vektort, valamint a test m_i tömegű kitüntetett tömegpontjának v_i sebességvektorát! (1) Fejezze ki a tömegpont E_i mozgási energiáját a szögsebesség függvényében! (1) Az eddig leírtakból kiindulva vezesse le a rögzített tengely körül forgó, adott tehetetlenségi nyomatékkal rendelkező kiterjedt merev test kinetikus energiáját megadó ismert összefüggést! (1)



$\bar v_i = \bar\omega \times \bar r_i \Rightarrow v_i = r_i \cdot \omega$ $\quad E_i = \frac{1}{2} m_i \cdot v_i^2$

$E_i = \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2$

$E = \sum_i E_i = \sum_i \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \cdot \underbrace{\sum_i m_i r_i^2}_{\Theta}$

Mivel $\Theta = \sum_i m_i r_i^2$

$E = \frac{1}{2} \Theta \omega^2$

4. Írja fel a csillapítatlan harmonikus rezgőmozgás alapegyenletét úgy, hogy a rezgőmozgást végző fizikai mennyiség a φ(t) időfüggő szögváltozó legyen! Az alapegyenletben szereplő fizikai mennyiségeket nevezze meg! (1) Egy m tömegű kiterjedt merev testből fizikai ingát készítünk, azaz felfüggesztjük a tömegközépponttól d távolságra elhelyezkedő tengely mentén. A test tengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatéka θ. Írjon fel összefüggést, mely alapján meghatározható az egyensúlyi helyzetből kicsiny φ szögben kitérített ingára ható nehézségi erő forgatónyomatéka! (0,5) A forgómozgás alapegyenletéből kiindulva vezesse le, mekkora körfrekvenciájú rezgésbe kezd a fenti fizikai inga! (1) Milyen matematikai közelítést kellett alkalmaznunk a levezetés során? (0,5)

$\ddot\varphi_{(t)} = -\omega^2 \cdot \varphi_{(t)}$ ← szögkitérés

rezgés körfrekvenciája

szöggyorsulás

$M = \Theta \beta$

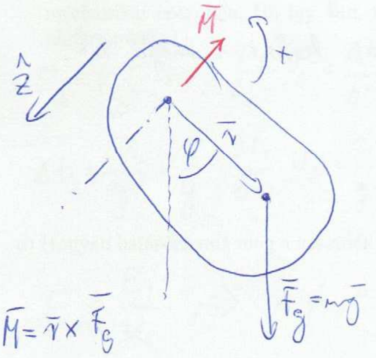
$-mgd \cdot \sin\varphi = \Theta \cdot \ddot\varphi$

$\ddot\varphi = -\frac{mgd}{\Theta} \cdot \sin\varphi$

Ha φ igen kicsi: $\sin\varphi \simeq \varphi$

$\ddot\varphi \cong -\underbrace{\frac{mgd}{\Theta}}_{\omega^2} \cdot \varphi$

$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{\Theta}}$

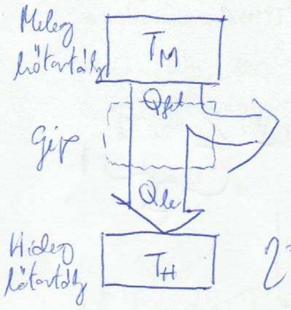


$\bar M = \bar r \times \bar F_g$

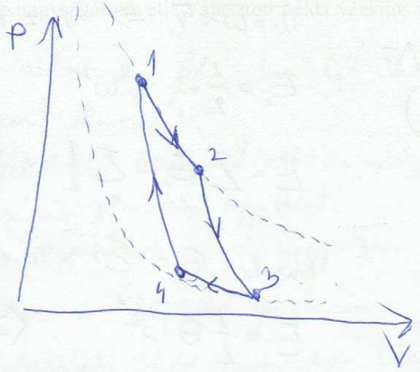
$M_z = -|\bar r| \cdot |\bar F_g| \cdot \sin\varphi$

$M_z = -d \cdot mg \cdot \sin\varphi$

5. Rajzolja fel egy általános, két hőtartály között működő hőerőgép energetikai blokkdiagramját, definiálja a gép hatásfokát! (0,5) Rajzolja fel a Carnot-gépben lejátszódó körfolyamatot P-V diagramon! Elemezze kvalitatívan az egyes részfolyamatokat (hőfelvétel, vagy hőleadás történik-e, a gáz munkavégzése pozitív, vagy negatív, gáz belső energiája nő, vagy csökken?) (2) Írja fel a Carnot-gép elvi hatásfokát megadó összefüggést! (0,5)



$$\eta = \frac{W}{Q_{fel}}$$



1→2 Izoterm tágulás: hőfelvétel történik, a gáz munkát végez, belső energia nem változik

2→3 Adiabatikus tágulás: Nincs hőcsere, a gáz munkát végez, belső energia csökken.

3→4 Izoterm összenyomódás: hőleadás történik, a környezet végez munkát a gázon, a belső energia nem változik.

4→1 Adiabatikus összenyomás: Nincs hőcsere, a környezet munkát végez a gázon, belső energia nő.

$$\eta_{carnot} = \frac{W}{Q_{fel}} = \frac{T_M - T_H}{T_M}$$