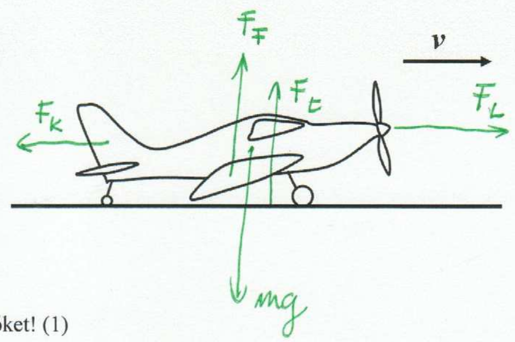
Villamosmérnök alapszak Fizika1 3. vizsga, 2019. jan. 16.	F1	F2	F3	F4	M	E1	E2	E3	E4	E5	Összesen	Bónusz	

NÉV: ______________________

Neptun kód: ______________________

Előadó: Márkus ☐ / Sarkadi ☐ / Vizsgakurzus ☐

1. Egy kifutópályán mozgó m tömegű repülőgépre F_L nagyságú vízszintes húzóerőt fejt ki a légcsavar. A repülőgépre hat egy mozgást hátráltató, vízszintes irányú, közegellenállásból származó erő, melynek nagyságát a repülőgép v sebességének függvényében az $F_K(v)=\alpha v^2$ függvény adja meg. A repülőre hat továbbá egy függőleges irányú aerodinamikai felhajtóerő is, melynek sebességfüggése kifejezhető $F_F(v)=\beta v^2$ alakban. α és β a repülőgépre jellemző konstansok.



a) Rajzolja fel az ábrára a repülőgépre ható erőket! (1)

b) Mekkora sebességgel kell mozognia a repülőgépnek ahhoz, hogy felszállhasson? (1)

Felszálláskor $F_t = 0$ $\quad F_F \geq mg \quad \beta v^2 \geq mg \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{mg}{\beta}}}$

c) Mekkora húzóerőt fejt ki a légcsavar a felszállás pillanatában? (1)

$$F_L \geq F_K = \alpha v^2 = \alpha \frac{mg}{\beta} \Rightarrow \boxed{F_L \geq \frac{\alpha}{\beta} mg}$$

d) Legalább mekkora teljesítményű motort kell a repülőgépbe építeni, hogy a gép képes legyen felszállni? (1)

$$P = F_L \cdot v \geq \frac{\alpha}{\beta} mg \sqrt{\frac{mg}{\beta}} = \boxed{\alpha \left(\frac{mg}{\beta}\right)^{3/2}}$$

e) Hogyan módosul a felszállás sebessége, valamint a szükséges motorteljesítmény, ha a repülőgép Δm tömegű rakományt szállít? (1)

$$\boxed{v' = \sqrt{\frac{(m+\Delta m)g}{\beta}}} \qquad \boxed{P' = \alpha \left(\frac{(m+\Delta m)g}{\beta}\right)^{3/2}}$$

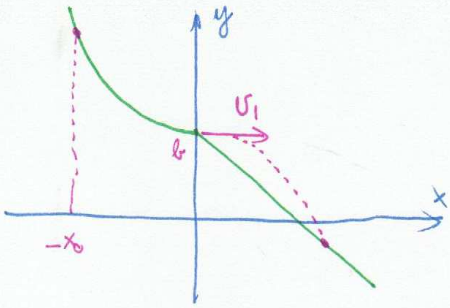
2. Egy síugrósánc alakját az

$$y(x) = ax^2 + b \qquad \text{Ha } x < 0$$

$$y(x) = -cx + b \qquad \text{Ha } x > 0$$

függvény adja meg egy olyan vonatkoztatási rendszerben, melynek x a vízszintes, y pedig a függőleges tengelye. A lesiklás megkezdésekor a síelő x koordinátája $x(t=0) = -x_0$ értékű. (Igaz, hogy: $a, b, c, x_0 > 0$)

a) Ábrázolja a vonatkoztatási rendszerben a lesiklópályát a síelővel együtt a lesiklás megkezdésekor! (0,5) Határozza meg a síelő kezdeti y_0 koordinátáját! (0,5)



$$y_0 = a(-x_0)^2 + b = ax_0^2 + b$$

b) Tegyük fel, hogy a síelő kezdősebesség nélkül indult, a lejtő súrlódásmentes. Mekkora v_1 sebességgel érkezik meg a $[0, b]$ koordinátájú pontba? (1)

Mech. energia megmaradás: $mgy_0 + 0 = mgb + \frac{1}{2} m v_1^2$

$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{2g(y_0 - b)} = \sqrt{2gax_0^2} = \boxed{\sqrt{2ga}\, x_0}$$

c) A $[0, b]$ pontban a síelő v_1 sebességgel elhagyja a sáncot. Mennyi ideig tartózkodik a levegőben? (1)

$x(t) = v_1 \cdot t$ Földetérés pillanatában: $y(t) = -c\,x(t) + b$

$y(t) = b - \frac{g}{2} \cdot t^2$ $\quad b - \frac{g}{2} t_f^2 = -c v_1 t_f + b \quad \Rightarrow \frac{g}{2} t_f = c v_1$

$$t_f = \frac{2cv_1}{g} = \frac{2cx_0\sqrt{2ga}}{g} = \boxed{2cx_0\sqrt{\frac{2a}{g}}}$$

d) Határozza meg a földetérés helyének koordinátáit! (1)

$$x(t_f) = v_1 \cdot t_f = \sqrt{2ga}\, x_0 \cdot 2cx_0 \sqrt{\frac{2a}{g}} = \boxed{4cx_0^2 a}$$

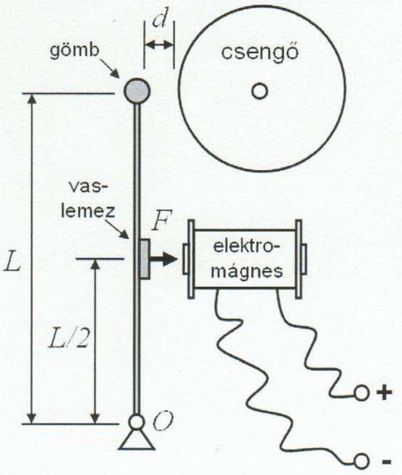
$$y(t_f) = b - \frac{g}{2} \cdot t_f^2 = b - \frac{g}{2} \cdot 4c^2x_0^2 \frac{2a}{g} = \boxed{b - 4c^2x_0^2 a}$$

e) Milyen messzire ugrott a síelő? Határozza meg az ugrás során bekövetkezett elmozdulás nagyságát! (1)

$\Delta x = x(t_f) - 0 = 4cx_0^2 a$ $\quad \Delta y = -y(t_f) + b = b - 4c^2x_0^2 a - b = -4c^2x_0^2 a$

$$|\Delta r| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(4cx_0^2 a)^2 + (4c^2x_0^2 a)^2} = \boxed{4cx_0^2 a\sqrt{1 + c^2}}$$

3. Az ábrán egy elektromos csengő látható, melynek kalapácsát szürke színnel jelöltük. A kalapács összeáll egy L hosszúságú, m tömegű homogén rúdból, mely az O tengely körül könnyen elfordul. A rúd végén elhelyezkedő kicsiny gömb tömege szintén m. A rúd felezőpontjában helyezkedik el egy ugyancsak m tömegű kicsiny vaslemez, melyet a csengő bekapcsolásakor egy elektromágnes állandó F erővel húz.



a) Határozza meg a szürke színnel jelölt kalapács O tengelyre vonatkozó tehetetlenségi nyomatékát! (1)

$$\Theta = \sum m r^2 = \frac{1}{3} m L^2 + m L^2 + m \frac{L^2}{4} =$$

$$= \left(\frac{4}{12} + \frac{12}{12} + \frac{3}{12}\right) m L^2 = \boxed{\frac{19}{12} m L^2}$$

b) Határozza meg az elektromágnes által kifejtett erő O tengelyre vonatkoztatott forgatónyomatékát! (0,5)

$$\bar{M} = \bar{r} \times \bar{F} \Rightarrow \boxed{M = \frac{L}{2} \cdot F}$$

$$\bar{r} \perp \bar{F}$$

c) Mekkora szöggyorsulással mozog a kalapács? (1)

$$M = \Theta \beta \qquad \frac{L}{2} F = \frac{19}{12} m L^2 \beta \Rightarrow \boxed{\beta = \frac{6F}{19 m L}}$$

c) A kalapács az elektromágnes bekapcsolásának pillanatában áll, és a kalapács gömbje d távolságra van a csengőtől. Mekkora φ szögelfordulást végez a kalapács, míg nekiütődik a csengőnek? Tételezzük fel, hogy $d << L$ (0,5)

$$\sin\varphi = \frac{d}{L} \Rightarrow \boxed{\varphi \approx \frac{d}{L}}$$ ha φ kicsi

d) Az elektromágnes bekapcsolását követően mennyi idő múlva szólal meg a csengő? (1)

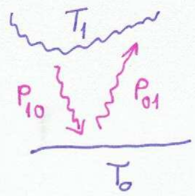
$$\varphi = \frac{\beta}{2} t^2 \qquad t = \sqrt{\frac{2\varphi}{\beta}} = \sqrt{\frac{2\frac{d}{L}}{\frac{6F}{19 m L}}} = \boxed{\sqrt{\frac{19 m d}{3F}}}$$

e) Mekkora sebességgel ütközik a gömb a csengőnek? (1)

$$v = L \cdot \omega = L \cdot \beta \cdot t = L \cdot \frac{6F}{19 m L} \cdot \sqrt{\frac{19 m d}{3F}} = \boxed{2\sqrt{\frac{3 d F}{19 m}}}$$

4. Egy A területű mezőt d vastagságú T_0=0°C-os hótakaró borít. Az égboltot T_1=10°C-os felhőréteg takarja el. A t időtartamú éjszaka alatt számottevően csak hősugárzás útján valósul meg termikus kölcsönhatás a felhők és a hómező között. A hősugárzás ebben az esetben is jól modellezhető a Stefan-Boltzmann törvénnyel, azonban, -mivel a hó fehér- mind a sugárzás elnyelődésének, mind pedig kibocsátásának mértéke egy 0<C<1 konstans szorzó erejéig eltér az ideális fekete test sugárzásától.

a) Mennyi hőt nyel el a hó az éjszaka folyamán? (1,5)



$$P_{10} = AC\sigma T_1^4 \qquad P_{01} = AC\sigma T_0^4$$

$$Q = (P_{10} - P_{01})t = \boxed{AC\sigma(T_1^4 - T_0^4)t}$$

b) Mekkora tömegű hó olvad meg reggelig, ha tudjuk, hogy a jég olvadáshője L ? (1)

$$Q = L \cdot m \qquad m = \frac{Q}{L} = \boxed{\frac{AC \cdot \sigma(T_1^4 - T_0^4)t}{L}}$$

c) Milyen vastag a hótakaró reggel? A hó sűrűsége ρ.(1,5)

Elolvadt hó térfogata: $V = \frac{m}{\rho}$ vastagság változás $\Delta d = \frac{V}{A}$

$$d' = d - \Delta d = d - \frac{V}{A} = d - \frac{m}{\rho A} = d - \frac{AC\sigma(T_1^4 - T_0^4)t}{L\rho \cdot A} = \boxed{d - \frac{C\sigma(T_1^4 - T_0^4)t}{L\rho}}$$

d) Mennyivel nőtt az olvadó hó entrópiája? (1)

$$\Delta S = \frac{Q}{T_0} = \boxed{\frac{AC\sigma(T_1^4 - T_0^4)t}{T_0}}$$

Kiegészítendő mondatok

Egészítse ki az alábbi hiányos mondatokat úgy a megfelelő szavakkal, szókapcsolatokkal, matematikai kifejezésekkel (skalár-vektor megkülönböztetés), hogy azok a Fizikal tantárgy színvonalának megfelelő, fizikailag helyes állításokat fogalmazzanak meg!

---

1. Az egységnyi idő alatt bekövetkező ....sebességváltozást........ gyorsulásnak nevezzük.
2. Ferdén elhajított test pályájának ....tetőpontján......................... a sebesség vektora merőleges a gyorsulásvektorra.
3. A vízszintes talajról ferdén elhajított test kezdősebességét megduplázzuk. A levegőben töltött idő ...kétszeresére nő...........
4. Függőleges tengely körül forgó edényben a folyadék felszíne ....forgásparaboloid..................... alakú
5. Egy rugót 1 J munka árán tudjuk nyújtatlan állapotához képest 1 cm-el megnyújtani. Ha tovább akarjuk nyújtani 1 cm-ről 2 cm-re, további ......3J......... munkát kell végeznünk.
6. ....Konzervatív................. erőtérben mozgó tömegpont mechanikai energiája megmarad.
7. ....Centrális....................... erőtérben mozgó tömegpont impulzusmomentuma megmarad.
8. ....A bolygópályák nagytengelyeinek köbei...................... úgy aránylanak egymáshoz, mint a keringési idők négyzetei.
9. A gerjesztés, valamint a gerjesztett rezgés közötti fáziskülönbség közelítőleg zérus, ha a gerjesztés frekvenciája ....lényegesen kisebb............ mint a rezonancia-frekvencia.
10. Állóhullám két ugyanolyan frekvenciájú, ...ellentétes irányban......... terjedő hullám interferenciájaként alakul ki.
11. Egyik végén zárt, másik végén nyitott síp alapharmonikusának hullámhossza ....négyszerese.......... a síp hosszának.
12. Az ideális gázok kinetikus elmélete szerint a gázrészecskék átlagos ....energiája................. arányos a gáz hőmérsékletével.
13. Az adiabatikus állapotváltozásokat leíró $PV^{\kappa} = \text{állandó}$ összefüggésben a κ kitevő a gáz ...izobár és izochor mólhőjének..... hányadosaként áll elő.
14. Halmazállapot változás során az anyagok hőt vesznek fel, vagy adnak le, de ....hőmérsékletük....... mégsem változik.
15. A jég olvadáspontja ....csökken........... ha felületére nyomás nehezedik.

Kifejtendő kérdések

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

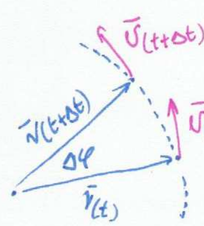
1. Fogalmazza meg Newton axiómáit. (3)

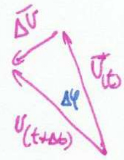
I. Tehetetlenség törvénye: Egy test nem változtatja meg mozgásállapotát mindaddig, amíg nem lép kölcsönhatásba más testtel.

II. Egy tömegpont gyorsulása arányos a tömegpontra ható erők eredőjével, az arányossági tényező a test tömege.

III. Kölcsönhatás törvénye: Két kölcsönhatásban lévő test egymásra ugyanakkora nagyságú, de ellentétes irányú, azonos hatásvonalú erővel hat.

2. Vázlatosan ábrázolja egy egyenletes körmozgást végző tömegpont helyvektorát egy adott t időpillanatban, valamint egy kicsivel későbbi $t+\Delta t$ időpillanatban is! Tüntesse fel a tömegpont pillanatnyi sebességvektorát mindkét időpontban! (1) Készítsen vektorábrát, mely szemlélteti a sebesség megváltozását! (0,5) A Fentiek alapján vezesse le a körmozgás centripetális gyorsulásának meghatározása vonatkozó ismert összefüggést! (1,5)





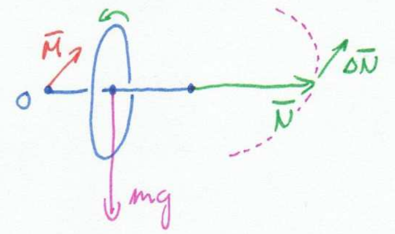
$$|\bar v_{(t)}| = |\bar v_{(t+\Delta t)}| = \omega R$$

Ha $\Delta\varphi$ igen kicsi: $|\Delta\bar v| = |\bar v|\cdot\Delta\varphi = \omega R\,\Delta\varphi$

$$|\bar a_{cp}| = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{|\Delta\bar v|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\omega R\,\Delta\varphi}{\Delta t} = \omega R\underbrace{\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}}_{\omega} = \omega^2 R$$

3. Írja fel matematikai alakban, valamint fogalmazza meg egy mondatban a tömegpontrendszerekre vonatkozó impulzusmomentum-tételt! (1) Készítsen rajzot egy vízszintes tengely körül forgó biciklikerékről, melynek tengelyét felfüggesztettük egy a tömegközépponttól különböző O pontban! Az ábrán tüntesse fel a kerék impulzusmomentum-vektorát, a rá ható nehézségi erőt, valamint a nehézségi erő O pontra vonatkoztatott forgatónyomatékát! (1) Az ábrán tüntesse fel az impulzusmomentum vektor kicsiny Δt idő alatt bekövetkező megváltozását! (0,5) Hogy nevezzük a kerék impulzusmomentum-vektorának elfordulását? (0,5)

$\bar{M} = \dot{\bar{N}}$ Tömegpontrendszerre ható külső erők eredő forgatónyomatéka egyenlő a pontrendszer impulzusmomentumának időegységenkénti megváltozásával.



Impulzusmomentum vektor forgó mozgása ⇒ precesszió

4. Írja fel egy csillapítással rendelkező rezgő rendszer alapegyenletét, és nevezze meg az egyenletben szereplő fizikai mennyiségeket! (1,5) Vázlatosan ábrázolja egy alulcsillapított, egy túlcsillapított, valamint egy aperiodikus határesetben levő rendszer kitérés-idő függvényét, ha a kezdeti kitérés értéke A, a kezdeti sebesség nagysága zérus! (1) Mi a feltétele a három alapeset megvalósulásának? Írjon fel összefüggést a rezgő rendszer megfelelő paraméterei között! (0.5)

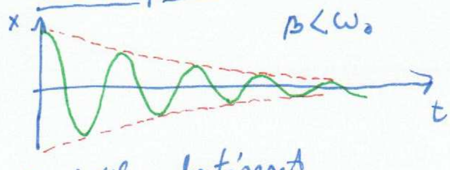
$\boxed{a + 2\beta v + \omega_0^2 x = 0}$ vagy $\boxed{\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0}$

$a = \ddot{x}$: gyorsulás $v = \dot{x}$: sebesség x : kitérés

β : csillapítási tényező ω_0 : sajátfrekvencia

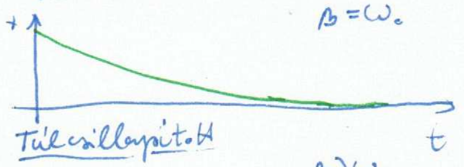
Alulcsillapított:

$\beta < \omega_0$



Aperiodikus határeset

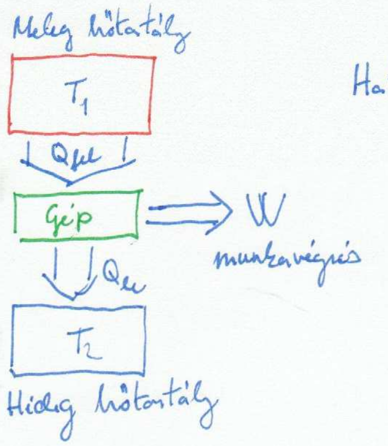
$\beta = \omega_0$



Túlcsillapított

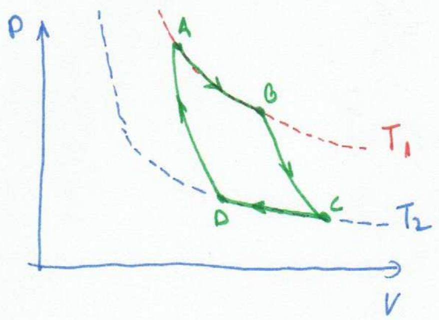
$\beta > \omega_0$

5. Rajzolja fel egy két hőtartály között működő általános hőerőgép energetikai blokkdiagramját, definiálja a hatásfokát! (1) Rajzolja fel egy Carnot-gép körfolyamatát P-V diagramon, nevezze meg az egyes részfolyamatokat! (1) A diagram mely szakaszán következik be hőfelvétel? (0,5) Hogyan függ a Carnot-gép hatásfoka a hőtartályok hőmérsékletétől? (0,5)



Hatásfok: $\eta = \dfrac{W}{Q_{fel}}$

Carnot-gép



A → B : izoterm tágulás
B → C : adiabatikus tágulás
C → D : izoterm összenyomás
D → A : adiabatikus összenyomás

Hőfelvétel: A → B szakaszon

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$