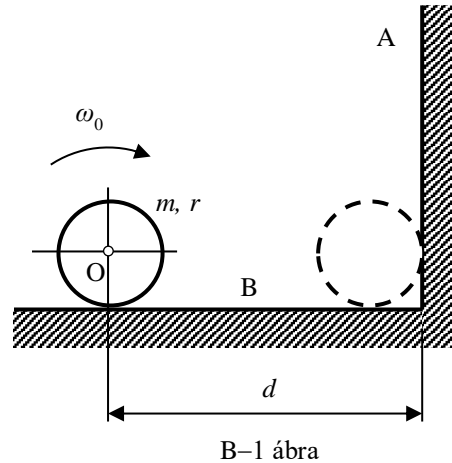


60. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2018/2019
kategória B – krajské kolo
Texty úloh

1. Forgó henger visszapattanása a függőleges faltól

A homogén henger ω_0 szögsebességgel forog az O vízszintes geometriai tengelye körül. A hengert az A faltól d távolságban helyezzük a B vízszintes alátételre, miközben a henger forgástengelye párhuzamos az A fallal (B–1 ábra). A súrlódás következtében a henger megindul a függőleges A fal irányában.



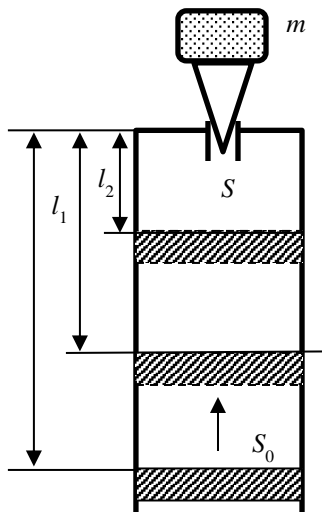
a) Készítsenek szemléltetési rajzot a vízszintes alátételen az A fal irányában haladó hengerről, jelöljék be rajta a hengerre ható erőket! Írják le a henger mozgásegyenletét! Mekkora lesz a henger tömegközéppontjának végső v_1 sebessége, és a henger ω_1 végső szögsebessége, ha a d távolság megfelelően nagy ahhoz, hogy a henger tisztán (csúszás nélküli) gördülő mozgásba menjen át?

b) Tételezzék fel, hogy a henger tömegközéppontjának sebessége v_1 , és miután tisztán gördülő mozgással halad a vízszintes alátételen, ütközik a függőleges A fallal! Készítsenek szemléltetési rajzot a hengerről az ütközés pillanatában, és tüntessék fel rajta a hengerre ható erőket, mint vektorokat! Határozzák meg a fal által az ütközés során a hengernek átadott erőlöket és a henger forgásának ω_2 szögsebességét, közvetlenül az ütközés után! Milyen feltételnek kell teljesülni, hogy a henger mozgása az ütközés után is tisztán gördülő mozgás legyen?

Megjegyzés: A megoldásban használják fel a következő feltételezéseket: a henger és a fal tökéletesen rugalmasak; a henger tömegközéppontjának sebessége közvetlenül az ütközés után (v_2) ugyanakkora, mint közvetlenül az ütközés előtt (v_1); a henger tömegközéppontja az ütközés folyamán csak vízszintesen mozog (a henger nem ugrik fel). A henger és a B alátét között fellépő súrlódás hatása az ütközés folyamatában elhanyagolhatóan kicsi, csak a henger és az A fal közti súrlódás érvényesül!

A feladatot oldják meg általánosan! A henger és a B alátét között fellépő f súrlódási tényező egyenlő a henger és az A fal között fellépő súrlódási tényezővel.

2. Termodinamika



B-2 ábra

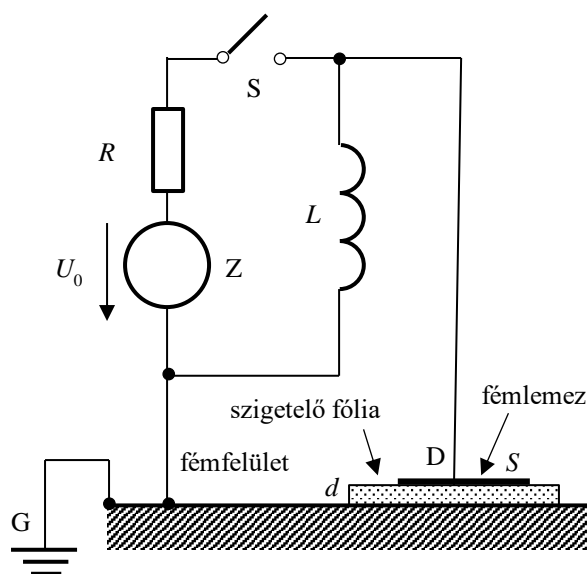
Az S_0 belső keresztmetszetű hengert dugattyú zárja, és a (0) helyzetében a hengerben levő levegő hőmérséklete t_0 , nyomása p_0 – megegyezik a környezeti levegő hőmérsékletével és nyomásával. A henger tetején levő S keresztmetszetű kör alakú nyílást egy nehezékkel terhelt kúp alakú dugó zárja (nyomásszelep) – B-2 ábra. A dugó és nehezék össztömege m .

- Határozzák meg a hengerbe zárt levegő n_0 anyagmennyiségét!
- A dugattyút a kezdeti (0) helyzetből az (1) helyzetbe mozdítjuk, miközben a hengerben levő légoszlop magassága l_0 -ról l_1 -re csökken. Határozzák meg, mekkora l_1 értéknél kezd elszökni a levegő a szelepen keresztül a környezetbe, valamint mekkora lesz a levegő t_1 hőmérséklete ebben a pillanatban a hengerben! A henger levegőjének összenyomása adiabatikus folyamat.
- A dugattyút az (1) helyzetből nagyon lassan a (2) helyzetbe mozdítjuk el, $l_2 < l_1$ távolságba a henger felső lapjától. Írják le a rendszerben zajló folyamatot, mialatt a dugattyú az (1) helyzetből a (2) helyzetbe jut – hogyan változnak a hengerben levő levegő állapotváltozói?
- Végül a dugattyú adiabatikus folyamatban tér vissza a (0) helyzetébe. Mekkora lesz a levegő végső hőmérséklete (t_3), nyomása (p_3) és anyagmennyisége (n_3) a hengerben, amikor eléri a (0) helyzetét?

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre: $l_0 = 30$ cm, $p_0 = 101$ kPa, $t_0 = 20$ °C, $S_0 = 50$ cm², $S = 5,0$ cm². $l_2 = 10$ cm, $m = 1,0$ kg, $g = 9,8$ m · s⁻², a levegő adiabatikus kitevője $\kappa = 1,4$, az egyetemes gázállandó $R = 8,3$ J · K⁻¹ · mol⁻¹.

3. Összetett kondenzátor

Az asztal leföldelt (G-ground) elektromosan vezető fémfelületén a B-3 ábrán látható séma kapcsolási rajz szerint összeállított áramkör van: az $L = 0,50 \text{ H}$ indukciójú tekercs, a S kapcsoló, az $U_0 = 12 \text{ V}$ feszültségű áramforrás és az $R = 10 \ \Omega$ ellenállású rezisztor. Az áramforrás tekercséhez csatlakozó pólusa le van földelve (G). Az asztallap fémfelületén $d = 0,20 \text{ mm}$ vastagságú vékony izolációs fóliával van – a fólia relatív permittivitása $\epsilon_r = 2,1$, elektromos szilárdsága pedig $E_p = 80 \text{ MV} \cdot \text{m}^{-1}$. A fólián fekszik az $S = 400 \text{ cm}^2$ alapterületű fémlemez (D), és csatlakozik a tekercs másik végéhez, valamint az S kapcsolóhoz



B-3 ábra

- Az asztal fémfelülete, a fólia és a D lemez elektromos kondenzátort alkotnak. Határozzák meg ennek a kondenzátornak a C kapacitását!
- Az S kapcsolóval zárjuk az áramkört, és hagyjuk állandósulni az állapotát. Határozzák meg az áramforráson átfolyó I_0 áramerősséget, az áramforrás P_0 teljesítményét, a tekercs mágneses terének E_{L0} energiáját, valamint a kondenzátor elektromos terének E_{C0} energiáját ebben az állandósult állapotban!
- Az S kapcsolóval megszakítjuk az áramkört. Írják le, és indokolják fizikai érvekkel, hogy mi fog történni az L-C áramkörben, miután megszakítottuk az áramkört!
- Írják le a tekercsen átfolyó I_L áram, valamint a D lemez és G asztalfelület közti U_C elektromos feszültség változását, mint az idő t függvényét – az áramkör megszakításának pillanatától! Mennyi idő alatt (τ) éri el az U_C feszültség a maximális U_m értékét?
- Határozzák meg az U_C feszültség maximális U_m értékét! Átüté-e a feszültség a szigetelő fóliát az áramkör S kapcsolóval történő megszakítása után?

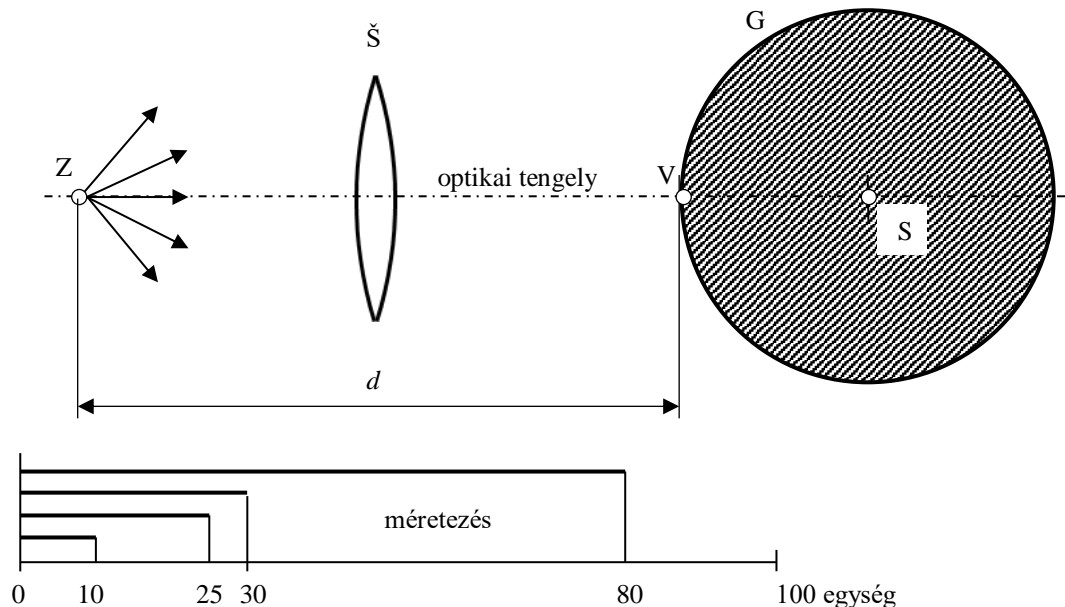
A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre!

Az elektromos állandó $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$. A tekercsről tételezzék fel, hogy ideális induktor!

Megjegyzés: Egy szigetelő átütéséről akkor beszélünk, amikor a szigetelőben fellépő nagy elektromos térerősség hatására a szigetelő vezetni kezdi az áramot. Az elektromos tér átütési szilárdságán azt a legnagyobb térerősséget értjük, amelynél a szigetelő még nem üt át.

4. Fényvisszaverődés a tükröző gömbfelületről

A Z pontforrás $d = 80$ mm távolságban van az $R = 25$ mm sugarú G tükröző gömbfelület V csúcsától (B–4 ábra). A ZV szakasz közepére helyezük az $f = 30$ mm gyújtótávolságú Š gyűjtőlencsét – a ZV szakasz egybe esik a rendszer optikai tengelyével. A fényforrás sugarai áthaladnak a gyűjtőlencsén, majd tökéletesen visszaverődnek a fényes gömbfelületről.



B–4 ábra

Szerkesszék meg, a lehető legpontosabban, az optikai rendszer rajzát! Jelöljék be rajta a kép megszerkesztéséhez szükséges jellegzetes fénysugarakat! A méretezéshez használják a B–4 ábrán feltüntetett méretvonalakat!

- Szerkesszék meg a Z fényforrás képeit fokozatosan úgy, ahogy a rendszer részei fokozatosan leképezik. Szerkesszék meg a gyűjtőlencse által létrehozott Z_1 képét, majd a tükröző gömbfelület által visszaverődéssel létrehozott Z_2 képét, valamint gyűjtőlencsén a gömbfelületről visszaverődő sugarak által létrehozott Z_3 képét! Adják meg az egyes képek jellegét (valós – nem valós)! Írják le tömören a képek szerkesztését!
- Határozzák meg a rendszer B–4 ábrán látható rajzából (közelítőlegesen, az ábrán megadott egységekben, a méretvonalak felhasználásával) a Z_2 és Z_3 képek z_2 és z_3 távolságát a gömbfelület V csúcsától!

Tételezzék fel a feladat megoldásakor, hogy vékony gyűjtőlencséről van szó, valamint, hogy a gömb gyújtópontja a VS szakasz közepén van!