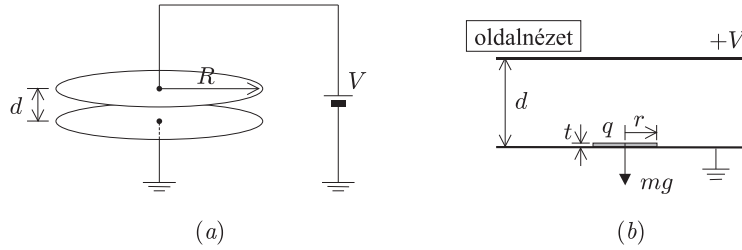


1. feladat. „Pingpong-ellenállás”

Egy síkkondenzátor két kör alakú, párhuzamos lemezből áll, mindkettő sugara R , a közöttük lévő távolság d , ahol $d \ll R$ (1.(a). ábra). A felső lemez egy állandó feszültségforráshoz csatlakozik, amelynek potenciálja V , míg az alsó lemez földelt. Az alsó lemez közepére egy vékony, kicsiny, m tömegű korongot helyezünk, melynek sugara r ($\ll R, d$), vastagsága t ($\ll r$), (1.(b). ábra).



1. ábra. (a): Állandó feszültségforráshoz csatlakozó síkkondenzátor vázlatos rajza. (b) A párhuzamos lemezek oldalnézete a kondenzátorba helyezett kisméretű koronggal

Tételezzük fel, hogy a lemezek közötti térrészben vákuum van, amit az ϵ_0 dielektromos állandó jellemez, továbbá a lemezek és a korong tökéletes vezetőanyagból készültek, illetve mindenféle elektrosztatikus él-effektust elhanyagolhatunk. Az egész áramkör induktivitásától és a relativisztikus hatásoktól szintén eltekinthetünk. A tükörtöltés hatásokat is elhanyagolhatjuk.

(a) (1,2 pont) Határozd meg az egymástól d távolságra lévő lemezek között ható F_p elektrosztatikus erőt, mielőtt a korongot a kettő közé helyeztük, amint ezt az 1.(a). ábra mutatja.

(b) (0,8 pont) Az 1.(b). ábrán lévő kicsiny korong q töltése a következő módon adható meg a felső lemez feszültségének függvényében: $q = \chi V$. Határozd meg a χ paramétert r , d és ϵ_0 függvényében!

(c) (0,5 pont) A síkkondenzátor lemezei a \mathbf{g} homogén gravitációs térre merőlegesen helyezkednek el. A kezdetben nyugalomban lévő korong megemeléséhez egy bizonyos V_k küszöbérték fölé kell növelnünk az alkalmazott feszültséget. Fejezd ki V_k -t m , g , d és χ segítségével!

(d) (2,3 pont) Ha $V > V_k$, a korong föl-le fog mozogni a lemezek között. (Tételezzük fel, hogy a korong *mindenféle billegés nélkül*, kizárólag függőlegesen mozog.) A korong és a lemezek közötti ütközések részben rugalmatlanok, amit az η ütközési számmal jellemezhetünk: $\eta \equiv \frac{v_{\text{előtt}}}{v_{\text{után}}}$, ahol $v_{\text{előtt}}$ és $v_{\text{után}}$ rendre a korong sebessége közvetlenül az ütközés előtt és után. A lemezek végig rögzítettek, nem mozdulnak el. Hosszú idő után a korong „állandósult” mozgást fog végezni, a korong viselkedése ismétlődő mozgáshoz tart, melyben a korong v_s sebességét *közvetlenül* az alsó lemezzel történő ütközés után a következő módon fejezhetjük ki a V feszültséggel:

$$v_s = \sqrt{\alpha V^2 + \beta}.$$

Fejezd ki az α és β együtthatókat m , g , χ , d és η felhasználásával! Tételezd fel, hogy az ütközésekkor a korong teljes felülete egyenletesen és egyszerre érinti a lemezeket, és a teljes töltéscsere minden ütközéskor pillanatszerűen történik.

(e) (2,2 pont) Az állandósult állapot elérése után a kondenzátor lemezein keresztülfolyó áram I időátlagát így közelíthetjük: $I = \gamma V^2$, ha teljesül a $qV \gg mgd$ feltétel. Fejezd ki a γ együtthatót m , χ , d és η segítségével!

(f) (3 pont) Ha az alkalmazott V feszültséget (rendkívül lassan) csökkentjük, akkor elérünk egy olyan V_c kritikus feszültséget, amely alatt az áramkörben hirtelen megszűnik az áram. Határozd meg V_c értékét, és a hozzá tartozó I_c áramot m , g , χ , d és η segítségével! Készíts vázlatos grafikont (melyben összehasonlítod V_c értékét a (c) al kérdésben tárgyalt V_k felemelkedési küszöbértékkel) az áram–feszültség karakterisztikáról, vagyis az I – V függvényről, miközben V először nulláról nagyjából $3V_k$ -ra növekszik, majd újra nullára csökken.