

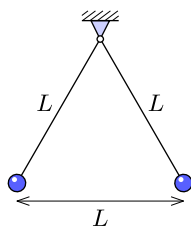
# Fizika 2i, 2019 tavaszi félév, 1. gyakorlat

Szükséges előismeretek: Coulomb-törvény, elektromos térerősségvektor, erővonalak, szuperpozíció;

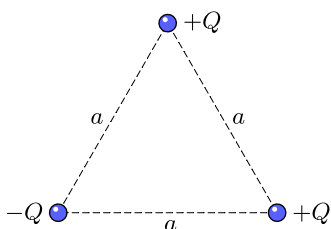
## Órai munkára javasolt feladatok

**F1.** Hányszor nagyobb a hidrogénatomban a (klasszikus részecskéknak tekintett) proton és elektron közötti elektromos vonzóerő, mint a gravitációs erő?

**F2.** Közös pontban felfüggesztettünk két azonos,  $L$  hosszúságú fonálingát. A fonalak végén lévő, azonos tömegű kis golyóknak  $Q$  töltést adunk, aminek következtében a fonalak az ábrán látható módon ágaznak szét. Határozzuk meg a golyók  $m$  tömegét!



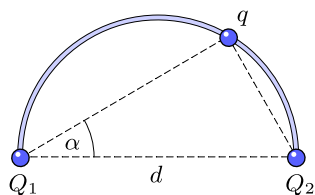
**F3.** Egy  $a = 10$  cm oldalú szabályos háromszög csúsaiban pontszerű,  $+Q$ ,  $+Q$  és  $-Q$  töltések helyezkednek el, ahol  $Q = 10$  nC.



a) Adjuk meg az egyik  $+Q$  töltésre ható eredő elektromos erő nagyságát és irányát!

b) Mekkora és milyen irányú az elektromos térerősség a háromszög középpontjában?

**F4\*.** Egy  $d = 20$  cm átmérőjű, szigetelő anyagból készült töltetlen félkörív két végpontjában egy-egy pozitív előjelű  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$  C és  $Q_2 = 10^{-8}$  C töltés van rögzítve. A félköríven szabadon csúszkálhat egy  $q$  töltésű pontszerű test. Mekkora  $\alpha$  szöggel jellemezhető a pontszerű test egyensúlyi helyzete? A  $q$  töltés milyen előjele esetén lesz az egyensúly stabil, illetve instabil? (A nehézségi erő elhanyagolható.)



**F5\*.** Homogén elektromos mező térerőssége  $\mathbf{E} = E_0 \hat{\mathbf{y}}$  (ahol  $E_0$  konstans,  $\hat{\mathbf{y}}$  pedig az  $y$  irányú egységvektort jelöli). Egy  $m$  tömegű,  $+Q$  töltésű részecske az

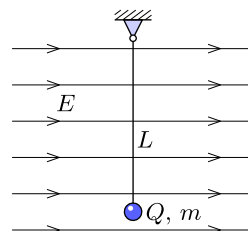
origóból indul  $\mathbf{v} = v_0 \hat{\mathbf{x}}$  kezdősebességgel. Adjuk meg a részecske pályájának  $y(x)$  egyenletét! (A nehézségi erő elhanyagolható.)

**F6\*.** Tekintsünk egy  $Q$  töltéssel egyenletesen feltöltött  $R$  sugarú körgyűrűt!

a)\* Határozzuk meg a gyűrű tengelye mentén az elektromos térerősséget a középponttól mért  $x$  távolság függvényében!

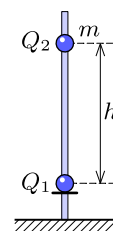
b)\*\* Mutassuk meg, hogy a tengely mentén a térerősség a gyűrű középpontjától  $x = R/\sqrt{2}$  távolságban maximális!

**F7\*.** Az ábrán látható  $L = 20$  cm hosszúságú, elhanyagolható tömegű szigetelő fonal végére  $m = 2 \cdot 10^{-3}$  g tömegű,  $Q = 10^{-8}$  C töltésű, kis méretű testet kötünk. Hirtelen homogén,  $E = 10^3$  N/C térerősségű, vízszintes irányú elektromos mezőt hozunk létre.



Számítsuk ki a)\* a fonál maximális kitérését; b)\*\* a test által elért legnagyobb sebességet!

**F8\*\*.** Függőleges, szigetelő rúd alján egy kis ütőköző van rögzítve. Az ütőközőn egy, a rúdra felfűzött  $Q_1$  töltésű kis gyöngy nyugszik, fölötte a rúdon pedig egy azonos előjelű,  $Q_2$  töltésű,  $m$  tömegű gyöngy található.



a) Egyensúlyban mekkora a két gyöngy középpontja közötti  $h$  távolság?

b) Mekkora periódusidővel rezeg a felső gyöngy, ha egyensúlyi helyzetéből kicsit kitérítjük?

**F9\*\*.** Egy  $+\lambda$  vonalmenti töltéssűrűségű,  $L$  hosszúságú szigetelő szára egy  $-Q$  töltésű,  $m$  tömegű kicsiny gyöngy van felfűzve. Kezdetben a gyöngy a szál közepén helyezkedik el. Mekkora periódusidővel rezeghet a gyöngy az egyensúlyi helyzete körül kis kitérések esetén?

## Otthoni gyakorlásra szánt feladatok

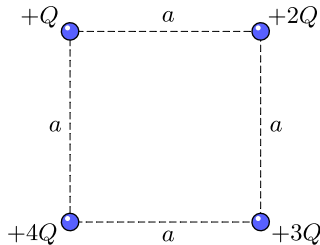
**H1.** Hogyan lehet feltölteni egy elektroszkópot szőrmével dörzsölt műanyagruddal

- negatív töltésre;
- pozitív töltésre?

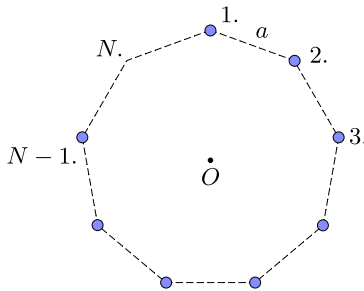
**H2\*.** Egy  $+3 \mu\text{C}$  töltés az  $x = 4 \text{ cm}$ ,  $y = 0$  pontban, egy  $-2 \mu\text{C}$  töltés pedig az  $x = 0$ ,  $y = 5 \text{ cm}$  koordinátájú pontban helyezkedik el. Mekkora erő hat az origóban lévő  $+6 \mu\text{C}$  nagyságú töltésre?

**H3\*.** Egy  $a = 10 \text{ cm}$  oldalú négyzet csúcsai-ban négy egyforma,  $Q = +2 \text{ nC}$  nagyságú ponttöltés helyezkedik el. Mekkora az egyik töltésre ható eredő elektromos erő nagysága?

**H4\*.** Egy  $a = 10 \text{ cm}$  oldalú négyzet csúcsai-ban négy, rendre  $+Q$ ,  $+2Q$ ,  $+3Q$  és  $+4Q$  nagyságú töltés helyezkedik el az ábrán látható módon, ahol  $Q = 10 \text{ nC}$ . Adjuk meg az elektromos térerősség nagyságát és irányát a négyzet középpontjában!



**H5\*.** Egy  $a$  oldalhosszúságú,  $N$  oldalú szabályos sokszög  $N - 1$  darab csúcsában egyforma  $+Q$  töltések helyezkednek el. A sokszög egyik csúcsában nincs töltés. Mekkora és milyen irányú az elektromos térerősség a sokszög középpontjában?



**H6\*.** Két függőlegesen álló, nagy kiterjedésű, párhuzamos fémlemez közé feszültséget kapcsolunk, melynek következtében közöttük homogén, vízszintes irányú elektromos mező alakul ki. Ebben a térben súlytalan fonálra függesztünk egy  $0,6 \text{ g}$  tömegű,  $20 \text{ nC}$  töltésű testet. Azt tapasztaljuk, hogy a fonál a függőlegestől  $20^\circ$ -kal tér ki. Mekkora a lemezek közötti térerősség?

**H7\*.** Egy elektron  $10^7 \text{ m/s}$  kezdősebességgel jut be egy  $10 \text{ cm}$  hosszú,  $10^4 \text{ N/C}$  térerősségű homogén elektromos mezőbe a térerősség irányában haladva.

a) Mennyi ideig mozog az elektron ebben a mezőben, és hol lesz a belépés után  $9 \cdot 10^{-9} \text{ s}$  múlva?

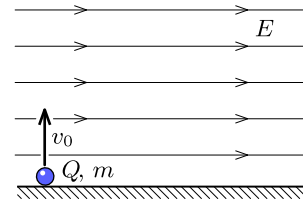
b) Mekkora térerősség esetén futna végig a mezőben?

c) Mennyi ideig mozog és mekkora végsebességet ér el az elektron, ha a térerősség irányával szemben jut be a mezőbe a fenti kezdősebességgel?

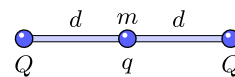
**H8\*.** Vízszintes irányban  $v = 8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  sebességgel mozgó elektron egy kondenzátor két vízszintes eltérítő lemeze közé repül. A lemezek  $5 \text{ cm}$  hosszúak és a közöttük lévő távolság  $1 \text{ cm}$ . A lemezek közötti elektromos térerősség  $600 \text{ N/C}$ . Mekkora az a szög, amelyet a lemezek közül éppen kilépő elektron sebességvektorának iránya a vízszintessel bezár?

(Hanyagoljuk el a nehézségi erőt, valamint a lemezek szélénél az elektromos mező inhomogenitását.)

**H8\*\*.** Az ábrán látható vízszintes asztallapon álló  $m$  tömegű,  $Q$  töltésű anyagi pontot függőleges  $v_0$  kezdősebességgel felfelé indítjuk. Az indítási helytől mekkora távolságra és mekkora sebességgel esik vissza az asztalra, ha a nehézségi erőn kívül  $E$  térerősségű, vízszintes irányú elektromos tér is hat rá? Milyen pályán mozog a töltés?



**H9\*\*.** Egy  $2d$  hosszúságú töltetlen szigetelő szál két végpontjában egy-egy  $Q$  töltés van rögzítve. A szálon súrlódásmentesen csúszhat egy  $q$  töltésű,  $m$  tömegű kis gyöngyszem. Mekkora periódusidővel rezeg a gyöngyszem az egyensúlyi helyzete körül, ha onnan kicsit kitérítjük?



*Jelmagyarázat:* nincs csillag = csak normál gyakorlatokra, \* = normál és iMSc gyakorlatokra, \*\* = csak iMSc gyakorlatokra; a **kékkel** kiemelt feladatok a kisZH-ra készüléshez ajánlottak;

## Megoldások

$$\mathbf{F1.} \quad \frac{F_e}{F_g} = \frac{k e^2}{\gamma m_e m_p} = 2,3 \cdot 10^{39}.$$

$$\mathbf{F2.} \quad m = \frac{\sqrt{3} k Q^2}{g L^2}.$$

$$\mathbf{F3.} \quad a) \quad F_{\text{eredő}} = k \frac{Q^2}{a^2} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ C},$$

$$b) \quad E_{\text{eredő}} = 6k \frac{Q}{a^2} = 5,4 \cdot 10^4 \text{ N/C}.$$

**F4.**  $\alpha = \arctan \sqrt[3]{Q_2/Q_1} = 38,4^\circ$ , az egyensúly stabil, ha  $q$  pozitív és instabil, ha  $q$  negatív.

$$\mathbf{F5.} \quad y(x) = \frac{Q E_0}{2 m v_0^2} x^2.$$

$$\mathbf{F6.} \quad a) \quad E(x) = kQ \frac{x}{(x^2 + R^2)^{3/2}},$$

$$b) \quad E'(x) = 0, \text{ ha } x = \pm R/\sqrt{2}.$$

**F7. a)** A maximális szögkitérés:

$$2\alpha = 2 \arctan \frac{QE}{mg} = 53,1^\circ.$$

$$b) \quad v_{\max} = \sqrt{2 \sqrt{g^2 + \frac{Q^2 E^2}{m^2}} L (1 - \cos \alpha)} = 0,69 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\mathbf{F8.} \quad a) \quad h = \sqrt{\frac{k Q_1 Q_2}{mg}}.$$

$$b) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{mh^3}{2kQ_1Q_2}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{2g}}.$$

$$\mathbf{F9.} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{mL^2}{8kQ\lambda}}.$$